

ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
им. П. ВАСИЛЕНКО
ИНСТИТУТ ОВОЩЕВОДСТВА И БАХЧЕВОДСТВА НААН

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В
СИСТЕМЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ И
ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Монография



Под редакцией:

доктора технических наук, профессора Пашенко В.Ф.

доктора сельскохозяйственных наук, доцента Корниенко С.И.

ХАРЬКОВ 2016

ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
им. П. ВАСИЛЕНКО
ИНСТИТУТ ОВОЩЕВОДСТВА И БАХЧЕВОДСТВА НААН

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В СИСТЕМЕ
РАЦИОНАЛЬНОГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ И ОВОЩНЫХ
КУЛЬТУР**

Монография

Авторский коллектив:

Пащенко В.Ф., Корниенко С.И., Ким В.В., Рожков А.А.,
Нанка А.В., Харченко С.А., Анিকেев А.И., Муравьев В.А., Турчин В.Я.,
Храмов Н.С., Седых К.В.

ХАРЬКОВ, 2016

ББК П 072: В 183.5
УДК 631.334
П 22

Рекомендовано к печати ученым советом Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенко, протокол № 10 от 30 июня 2016 г.

Рекомендовано к печати ученым советом Института овощеводства и бахчеводства НААН, протокол № 8 от 11 августа 2016 г.

Рецензенты:

д-р. техн. наук., В.И. Пастухов, профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственных машин;

д-р. с.-х. наук, профессор, член-корреспондент НААН М.А. Бобро

П 22 Научные основы процессов обработки почвы в системе рационального возделывания зерновых и овощных культур: монография / [под ред. Пащенко В.Ф., Корниенко С.И.]. – Х.: ТОВ «Планета-принт», 2016. – 320 с.

Авторский коллектив: Пащенко В.Ф., Корниенко С.И., Ким В.В., Рожков А.А., Нанка А.В., Харченко С.А., Аникеев А.И., Муравьев В.А., Турчин В.Я., Храмов Н.С., Седых К.В.

ISBN 978-617-7229-57-4

Рассмотрена методика построения математических моделей устойчивости функционирования механических систем по теории Ляпунова для решения задач земледельческой механики. Представлена система уравнений по методу Тейлора с точностью до первого порядка малости. Разница между искомыми уравнениями возмущенного и невозмущенного движения механической системы определили систему дифференциальных уравнений возмущений. Приведены результаты исследований на устойчивость движения комбинированной почвообрабатывающей машины и сеялки прямого сева для системы «No till», при возделывании зерновых культур. Обновлена и доработана «Методика построения математических моделей устойчивости функционирования механических систем» и «Теория воздействия рабочих органов орудий на почву». Приведены новые технологии обработки почвы под овощные культуры.

Для студентов инженерных специальностей, аспирантов и научных сотрудников.

ББК П 072: В 183.5

© Пащенко В.Ф., Корниенко С.И., Ким В.В.,
Рожков А.А., Нанка О.В., Харченко С.А.,
Аникеев А.И., Муравьев В.А., Турчин В.Я.,
Храмов Н.С., Седых К.В., 2016



П. М. Василенко

Василенко Петр Мефодиевич (1900-1999) – корифей земледельческой механики, академик Украинской академии аграрных наук, академик Российской академии сельскохозяйственных наук.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Известная личность агроинженерной науки

17 октября 2015 многочисленная студенческая молодежь, ученые и педагоги, конструкторы и инженеры в области механизации и автоматизации сельского хозяйства отметили 115-летие со дня рождения Петра Мефодиевича Василенко – выдающегося ученого агроинженерной науки с мировым именем, корифея земледельческой механики, академика ВАСХНИЛ, академика НААН, академика САСХН, члена-корреспондента НАНУ, доктора технических наук, профессора, лауреата наивысшей награды в области механизации и электрификации сельского хозяйства - Золотой медали имени академика Горячкина В.П.

Сложную, но яркую жизнь прожил этот выдающийся ученый. Не доживя до своего столетия полтора года (умер 21.04.1999 г.), академик Василенко П.М. почувствовал в своей судьбе все бурные события XX в.

В 1928 г. впервые приехал в г. Киев и поступил на высшие педагогические курсы Киевского сельскохозяйственного института. В дальнейшем почти вся его долгая жизнь будет неразрывно связана с этим городом и с этим учебным заведением. В 1937 г. Василенко П.М. без защиты диссертации была присуждена ученая степень кандидата технических наук, а в 1939 году, был избран членом-корреспондентом АН УССР. Докторскую диссертацию Василенко П.М. защитил в Москве в 1947 г., а с 1949 г. ему было присвоено ученое звание профессора. В декабре 1956 г. на Общем собрании ВАСХНИЛ был избран академиком ВАСХНИЛ по Отделению механизации и электрификации сельского хозяйства.

Выдающиеся научные способности ученого и долгая жизнь создали уникальную ситуацию, когда его, единственного в Украине, дважды избирали академиком одну и ту же академию наук. Так, 18 декабря 1956 г. был избран академиком в Украинскую академию сельскохозяйственных наук (УАСХН), деятельность которой, как известно, была внезапно прекращена в 1962 г. Но через 35 лет (28 декабря 1991 г.) Василенко П.М. единственный из ученых Украины был избран академиком этой же академии наук, которая возобновила работу 25 декабря 1990 г. уже под названием Украинская академия аграрных наук.

За 70 лет плодотворной научно-педагогической деятельности Василенко П.М. сделал весомый вклад в разработку научных основ земледельческой механики, сельскохозяйственной техники, подготовку и воспитание инженерных и научных кадров.

Его непосредственными учениками можно считать 10 докторов и более 60 кандидатов технических наук. Василенко П.М. опубликовано более 200 научных статей, ряд фундаментальных монографий по земледельческой механики, теории, расчета и проектирования сельскохозяйственных машин, автоматизации сельскохозяйственного производства. Его научные работы опубликованы в Болгарии, Словакии, Румынии, Франции, Китае, цитируются в США.

Фундаментальные монографии – «Теория движения частицы по шероховатыми поверхностям сельскохозяйственных машин», 1960; «Культиваторы: конструкция, теория и расчет» (совместно с Бабий П.Т.), 1961; «О методике механико-математических изысканий при разработке проблем сельскохозяйственной техники», 1962; «Введение в земледельческую механику», 1996, – а также оригинальные и яркие учебные пособия – «Методика построения расчетных моделей функционирования механических систем (машин и машинных агрегатов)», (совместно с Василенко В.П.), 1980; «Основы научных исследований» (совместно с Погорелым Л.В.), 1985; «Универсальные математические модели функционирования машинных агрегатов и их применение», 1990 – внесли большой вклад в разработку машин для сельского хозяйства, в развитие теоретических методов исследования сельскохозяйственной техники и в целом в педагогическую науку.

Особого внимания заслуживает одна из первых в мире монографий Василенко П.М. «Автоматизация процессов сельскохозяйственного производства» (вместе с Василенко И.И.), 1964 г. - первое издание и 1972 г. - второе издание, вошедшее в Международный фонд ООН и с помощью этой монографии Международная экономическая комиссия ООН оценивала состояние автоматизации процессов сельскохозяйственного производства в разных странах мира. Дальнейшее развитие этой актуальной научной темы ученым были рассмотрены в монографии «Механизация и автоматизация процессов приготовления и дозирования кормов» (также вместе с Василенко И.И.), изданной в 1985 г. Американские ученые при разработке колесного лунохода – «Ровер» воспользовались фундаментальным трудом Василенко П.М. «К теории качения колеса со следом», который был напечатан еще в 1950 г. Об этом ученому было официально сообщено из США. По программе «Аполлон» трижды («Аполлон-15», «Аполлон-16» и «Аполлон-17» в 1971-1972 гг.) луноходы «Ровер» ездили

по другой планете на четырех колесах, которые были спроектированы по теории нашего выдающегося украинского ученого в области земледельческой механики.

Также следует отметить уникальную историческую работу ученого «Развитие механизации и электрификации сельского хозяйства Украинской ССР», (коллектив авторов), 1988, в которой благодаря титаническим усилиям именно Петра Мефодиевича собрано и систематизировано фундаментальный исторический материал в агроинженерной отрасли страны, начиная с первых попыток механизировать сельское хозяйство страны и до сегодняшнего дня.

Василенко П.М. был непосредственным руководителем и исполнителем целого ряда разработок по созданию первых конструкций зерновых и туковых сеялок, ротационных культиваторов для междурядной обработки, свеклоуборочных машин с обрезкой ботвы на корню и др. Под его руководством выполнено много важных научно-исследовательских разработок по созданию новых рабочих органов и исследования технологических процессов кукурузоуборочных машин, посевных машин, опрыскивателей и машин для внесения удобрений.

На протяжении многих лет Василенко П.М. был руководителем научно-методических семинаров в УСХА (ныне НУБиП), ИМЕСХ, систематически выступал перед научными работниками вузов, НИИ, СКБ заводов сельскохозяйственного машиностроения, где фундаментально рассматривались вопросы применения механико-математических методов исследований при разработке новой сельскохозяйственной техники.

По поручению ВАСХНИЛ еще в прошлом веке академик Василенко П.М. успешно проводил научно-методические семинары в ВИМи, ВИЕСГУ, ГосНИТИ (Москва), во многих сельскохозяйственных институтах Украины, а также в Волгоградском и Кировобадском СХИ, Грузинском, Армянском, Азербайджанском, Литовском, Латвийском, Казахском и Узбекском НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства. Был инициатором и организатором многих научных конференций и совещаний по проблемам механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства.

Значительной была и общественная деятельность Василенко П.М. будучи членом редколлегии трех научных журналов, членом специализированного совета по защите докторских диссертаций, постоянно консультировал работников научных учреждений, вузов, конструкторских организаций по вопросам научных исследований и разработки новой сельскохозяйственной техники.

Академик Василенко П.М. был выдающимся ученым Украины в области механизации сельскохозяйственного производства и его теоретической основой земледельческой механики. Почти каждая диссертационная работа в области механизации сельскохозяйственного производства, выполненная в течение прошедших 70 лет, содержит ссылку на его фундаментальные труды.

За выдающиеся разработки проблем земледельческой механики, механизации и электрификации сельского хозяйства Постановлением Президиума ВАСХНИЛ от 07.12.1977 г. Василенко П.М. была присуждена Золотая медаль имени Горячкина В.П. (была вручена медаль № 3). Также отмечен правительственными наградами, а Американский Биографический Институт (АБИ) в 1998 г. наградила Золотой медалью «Человек второго тысячелетия».

Академик Василенко П.М. оставил после себя весомое научное сокровище, которое еще длительное время в третьем тысячелетии будут использовать ученые и инженеры в области механизации и автоматизации сельского хозяйства, его творческий путь достойный для подражания настоящему и будущему поколениям специалистов и ученых.

В день уважения академика Петра Мефодиевича Василенко был издан ряд книг о его жизни и научной деятельности, защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата исторических наук. Кафедра сельскохозяйственных машин в Национальном университете биоресурсов и природопользования Украины, которую он возглавлял много лет, теперь носит его имя. На учебном корпусе № 7 НУБиП установлено мемориальную доску ученому. Кабинет Министров Украины 12 мая 2004 присвоил имя выдающегося ученого Украины в области земледельческой механики - Петра Мефодиевича Василенко Харьковскому национальному техническому университету сельского хозяйства.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины каждый «юбилейный» (к дате рождения академика Василенко П.М.) год проводит Международную научную конференцию по актуальным проблемам земледельческой механики (в остальные годы их проводят агроинженерные факультеты других аграрных университетов Украины или НИИ Украины).

Николаенко С.М.

доктор педагогических наук, профессор
ректор Национального университета
биоресурсов и природопользования Украины

Научная школа П.М. Василенко

1. Булгаков В.М. (академик д-р.техн. наук.);
2. Тищенко Л.Н. (академик, д-р.техн. наук.);
3. Дубровин В.А. (профессор, д-р. техн. наук.);
4. Петренко А.Е. «Теоретические и экспериментальные основы усовершенствования пневмомеханического способа посева семян овощных культур» Укр. с.-х. акад. – К., 1980;
5. Пащенко В.Ф. «Механико-технологические и технические основы снижения энергоёмкости механизированных процессов подготовки почвы к посеву» Укр. с.-х. акад. – К., 1982;
6. Димчев А.М. «Механико-технологические основы совершенствования процессов транспортирования и дозирования плодов и овощей волновыми конвейерами» Укр. с.-х. акад. – К., 1983;
7. Булгаков В.М. «Исследование и совершенствование рабочего процесса самоходной корнеуборочной машины» Укр. с.-х. акад. – К., 1985;
8. Анискевич Л.В. «Механико-технологические предпосылки совершенствования параметров сеялок для посева пропашных культур» Укр. с.-х. акад. – К., 1986;
9. Довжик М.Я. «Научно-технические основы совершенствования механизации способов извлечения корнеплодов кормовой свеклы из почвы» Укр. с.-х. акад. – К., 1986.

Начав свою научную деятельность под руководством П.М. Василенко, в дальнейшем защитили диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук Б.М. Гевко (1987 г.), В.М. Булгаков (1993 г.), Л.В. Анискевич (2005 г.), В.Ф. Пащенко «Механико-технологические средства эколого-экономического совершенствования процессов обработки почвы» ХНАУ им. В.В. Докучаева. – Х., 2006.

Защищены диссертации под руководством В.Ф. Пащенко

1. Онишко М.И. (доцент, канд. техн. наук «Разработка и обоснование параметров рабочих органов комбинированной машины для обработки почвы и посева» ХИМиЭСХ – Х., – 1988. (Научные руководители: Евсюков Т.П., Пащенко В.Ф.));
2. Дорошко И.Н. (доцент, канд. техн. наук «Изыскание и обоснование параметров рабочих органов подъема почвы комбинированной машины для обработки почвы и посева» Укр. с.-х. акад. – К., 1989. (Научные руководители: Войтюк Д.Г., Пащенко В.Ф.));
3. Гусаренко Н.П. (доцент, канд. техн. наук, «Изыскание и разработка рабочих органов для внесения жидких минеральных удобрений в уплотненные слои почвы» ХИМиЭСХ – Х., – 1991. (Научный руководитель: Евсюков Т.П., Пащенко В.Ф.));

4. Гридасов В.И. (доцент, канд. техн. наук, «Разработка рабочего органа для выкапывания корнеплодов моркови» ХГТУСХ – Х., 1996. (Научный руководитель: Пашенко В.Ф.);

5. Кияшко В.Н. (канд. техн. наук, «Обґрунтування технологічного процесу комбінованої ґрунтообробної машини» ХНАУ ім. В.В. Докучаєва – Х., – 2005. (Наукові керівники: Пашенко В.Ф., Ким В.В.);

6. Ямков А.В. (доцент, канд. техн. наук, «Обґрунтування параметрів технологічного процесу і робочих органів бурякозбирального агрегату з системним трактором» НАУ – К., – 2007. (Наукові керівники: Войтюк Д.Г., Пашенко В.Ф.);

7. Дьяконов С.А. (доцент, канд. техн. наук, «Обоснование параметров технологического процесса и рабочих органов сеялки прямого сева» ХНАУ им. В.В. Докучаева – Х., – 2007. (Научные руководители: Пашенко В.Ф., Ким В.В.)).

Готовятся к защите аспиранты:

1. Седых К.В. «Разработка дискового орудия для лущения стерни почвы» – научный руководитель – д-р. техн. наук., профессор В.Ф. Пашенко. Защита планируется на 2017 г;

2. Храмов Н.С. «Разработка и обоснование параметров комбинированной машины для поверхностной обработки почвы под посев овощных культур» – научный руководитель – д-р. техн. наук., профессор В.Ф. Пашенко. Защита планируется на 2017 г;

3. Сыромятников Ю.Н. «Разработка механико-технологических средств совершенствования обработки почвы» – научный руководитель – д-р. техн. наук., профессор В.Ф. Пашенко. Защита планируется на 2017 г.

Сведения про авторов Пашенко В.Ф. (д-р. техн. наук, профессор); Корниенко С.И. (д-р. с.-х. наук, доцент); Ким В.В. (канд. техн. наук, доцент); Рожков А.А. (д-р. с.-х. наук, профессор); Нанко А.В. (канд. техн. наук, доцент); Харченко С.А. (канд. техн. наук, доцент); Аникеев А.И (канд. техн. наук, доцент); Муравьев В.А. (канд. с.-х. наук); Турчин В.Я. (директор ГП «Кутузовка»); Храмов Н.С. (аспирант); Седых К.В. (аспирант).

ВВЕДЕНИЕ

Анализ концепции развития отечественного тракторного и сельскохозяйственного машиностроения Украины за последние 10 лет свидетельствует об относительно низком уровне его эволюции. Техническое обеспечение сельского хозяйства достигло сегодня критического рубежа. Основными сельскохозяйственными машинами аграрные предприятия обеспечены только на 45...65 % от необходимого, из которых около 90 % отработали свой амортизационный срок. Темпы ежегодного списания отработанной техники в несколько раз превышают темпы её закупки. Из-за технических неисправностей и физического износа не используется четвертая часть тракторов и комбайнов.

Увеличение загрузки техники способствует увеличению сроков выполнения технологических операций, потере урожая, увеличению себестоимости сельскохозяйственной продукции.

В результате диспаритета цен аграрные предприятия потеряли за 1991 – 2000 годы 57,1 млрд. гривен. Так, например, для покупки зерноуборочного комбайна СК-5 «Нива» в 1990 году необходимо было реализовать 34,2 т зерна, а в 2005 году – 856,8 т.

Резко снизились объемы государственных инвестиций, кредитов и дотаций. Увеличилась дебиторская и, особенно, кредиторская задолженность. С 1996 года сельское хозяйство является убыточной отраслью. Для обновления машинно-тракторного парка аграрных производств на уровне сегодняшней технологической потребности необходимо ежегодно покупать машины и оборудование на сумму более 15 млрд. грн., из которых 3,0...3,5 млрд. грн. необходимо на закупку тракторов, 3,5...4,5 млрд. грн. – зерноуборочных комбайнов и 2,0...2,5 млрд. грн. – на закупку запасных частей и ремонтных материалов.

В Украине работает более 130 предприятий, конструкторских бюро, которые имеют мощности производства машин и оборудования для АПК в объеме 7,5 млрд. грн. В 2003 году изготовлено продукции на сумму 1,54 млрд. грн.

Такой подход для решения проблем технического обеспечения АПК является неконструктивным и может привести в ближайшие годы к негативным последствиям – преобразования достаточно мощной сегодня отрасли машиностроения АПК на ремонтную базу сельхозтехники.

В сложившейся ситуации необходима государственная стратегия решения проблемы и выхода из неё. На наш взгляд, стратегия развития сельхозмашиностроения состоит в создании необходимых условий для работы сельхозпроизводителей, которые бы обеспечили получение достаточной для их развития рентабельности производства продукции.

Себестоимость продукции в большей степени определяется технологиями её производства. В современном сельском хозяйстве используются технологии, в которых затраты топлива на единицу площади выращивания сельскохозяйственных культур колеблются в больших пределах, от 20 до 80 л/га. Поэтому в условиях рынка конкурируют не отдельные машины, а технологии. Внедрение в производство энергосберегающих технологий невозможно без обеспечения их соответствующими средствами механизации, научно-техническое обоснование которых и должно определить направления развития сельхозмашиностроения Украины.

В сельском хозяйстве наибольший удельный вес занимают зерновые культуры, и поэтому решение проблемы повышения их эффективности выращивания является актуальным для науки и практики.

Технический и технологический уровень отечественной техники в недостаточной мере отвечает требованиям агротехники, которые обеспечивают внедрение современных технологий в производство. Использование машин и орудий западного производства не всегда является рациональным с точки зрения природно-климатических и экономических условий Украины.

Решение проблемы снижения себестоимости выращивания зерновых культур осуществляли через обеспечение современных технологий средствами механизации, совершенствование которых происходило путём:

- дальнейшего развития теории взаимодействия с почвой клина в направлении изучения физической сущности процесса крошения пласта, и на основании его – построение математической модели для определения рациональных параметров рабочих органов с точки зрения улучшения качества и снижения энергоёмкости обработки почвы с учётом её агрофизических свойств;

- повышения производительности агрегатов за счёт совершенствования динамики функционирования рабочих органов, машин и орудий в целом с использованием теории устойчивости движения твердых тел;

- разработки комбинированной почвообрабатывающей машины, которая за один проход выполняет весь комплекс работ по подготовке почвы к севу;

- разработки сошниковой системы для улучшения равномерности заделки семян в почву по глубине при отсутствии твёрдого ложа для семян;

- разработки сеялки прямого сева, которая позволяет качественно выполнить технологический процесс в реальных условиях.

Основы теории для нахождения рациональных параметров почвообрабатывающих рабочих органов разработаны основоположниками земледельческой механики В.П. Горячки-

ным и П.М. Василенко. В дальнейшем развитие этих положений получено в работах Я.С. Гуква, В.А. Дубровина, А.С. Кушнарёва, Л.Ф. Бабицкого, И.А. Шевченко, В.Ф. Пашенко и др.

Агротехнические предпосылки для разработки средств механизации, которые бы обеспечили создание в почве наилучших условий для прорастания семян и развития растений, были обоснованы результатами исследований Н.А. Качинского, С.И. Долгова, П.И. Бахтина, В.В. Медведева и др.

Процесс взаимодействия с почвой рабочих органов связан с весьма сложным характером деформации пласта, что является, как считал В.П. Горячкин, «...основным препятствием для всякого рода теоретических исследований». До сегодняшнего дня сущность физических процессов, которые происходят в почве под действием рабочих органов, изучена недостаточно. Это привело к тому, что параметры рабочих органов, которые определяют процесс крошения пласта, обеспечиваются без учёта конкретных агрофизических свойств почвы, исходного её состояния, сроков и глубины её обработки.

В монографии составлена математическая модель для определения в почве напряжений под воздействием клина. Получены зависимости, с помощью которых можно определить угол крошения для различных глубин обработки и прочностных показателях почвы по заданным параметрам качества её проведения.

Разработаны математические модели динамики функционирования комбинированной почвообрабатывающей машины, а также на основании теории устойчивости движения систем составлены математические модели работы сеялки прямого сева и дисковой сошниковой системы с опорно-прикатывающим колесом. Результаты решения моделей позволили определить параметры динамических систем, которые способствуют снижению их энергоёмкости, повышению качественных показателей работы и созданию условий для повышения производительности агрегатов.

За содействие и помощь в подготовке к изданию монографии авторы выражают благодарность П.М. Василенко, В.Ф. Пашенко, С.И. Корниенко, В.В. Киму, А.А. Рожкову, А.В. Нанке, С.А. Харченко, А.И. Аникееву, В.Я. Турчину, Н.С. Храмову, К.В. Седых, М.И. Онишко, И.Н. Дорожко, Н.П. Гусаренко, С.А. Дьяконову, В.Н. Кияшко, Г.Г. Хливняку, В.П. Филатову, М.Е. Шварцману, А.Н. Черкашину, В. Однораленко, И.М. Комар, Н.П. Шандуре, В.И. Кармазину, А.Н. Завадскому, Г.В. Маруте.

"Необходимо подобрать многообразие форм рабочего органа обеспечивающего удовлетворение агротехнических требований к качеству обработки почвы и выбрать ту, которые в процессе работы требует наименьших затрат энергии"

В.П. Горячкин

"Применение методов вариационного исчисления к решению некоторых задач земледельческой механики"

П.М. Василенко

"Наиболее эффективным и главным путем снижения отрицательного воздействия средств механизации на почву в современных условиях является уменьшение общей площади уплотнения почвы"

В.В. Медведев

ГЛАВА 1

ОБОСНОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Агротехнологические предпосылки к совершенствованию процессов обработки почвы

Механическая обработка почвы является одним из самых весомых факторов, который в дальнейшем определяет способность почвы обеспечить растения водой, воздухом, теплом и питательными веществами. Кроме того, при обработке почвы уничтожаются сорные растения и вредители, заделываются в нее растительные остатки и удобрения. Высококачественное выполнение этих операций во многом влияет на дальнейшее наращивание плодородия почвы или, как минимум, поддержание его на должном уровне взамен используемых культурными растениями всех питательных веществ во время выращивания.

Агротехнические требования к качеству обработки почвы, рекомендованные в настоящее время производству, учитывают многие показатели, при соблюдении которых обеспечивается довольно стабильная урожайность сельскохозяйственных культур. Однако проводимые исследования в нашей стране и за рубежом показывают, что современные агротехнические требования к обработке почвы не всегда полностью выполняются сельскохозяйственными машинами, обеспечивающими растениям наиболее благоприятные условия, не всегда учитываются особенности почвенно-климатических условий зоны и виды выращиваемых культур. Кроме того, изложенные в рекомендациях требования к обработке почвы, недостаточно полно обеспечивают создание благоприятных условий для подготовки семенного ло-

жа. Поэтому и возникла необходимость рассмотрения некоторых требований агротехники к обработке почвы с целью создания наиболее благоприятных условий для прорастания семян и дальнейшего роста и развития растений.

Агротехнические требования к обработке почвы должны учитывать как вид почвы, так и зону возделывания сельскохозяйственной культуры. Зона Лесостепи Украины отличается специфической особенностью от других зон тем, что здесь преобладают, в основном, черноземы среднего и тяжелосуглинистого состава. Эти почвы способны накапливать большое количество влаги, и в дальнейшем, при особых условиях, много теряют в результате испарения, а при осадках быстро уплотняются, образуя поверхностную корку, которая создает такие условия, какие способствуют быстрому удалению влаги из почвы через капилляры, образующиеся в верхних слоях почвы. Эти капилляры постепенно углубляются и выносят влагу из нижних слоев почвы.

Почвы данной зоны подвергаются также водной эрозии, чему способствует сильно пересеченный рельеф местности, и (в меньшей степени) ветровой эрозии.

Поэтому качество обработки почвы в данной зоне особо зависит от времени обработки и способов обработки, так как может привести к значительному распылению почвы или образованию глыб.

Плотность почвы является важной характеристикой, от которой зависит развитие растений. Оптимальная плотность (в зависимости от ее типа и вида выращиваемых сельскохозяйственных культур) варьирует в больших пределах от 1,00 до 1,30 г/см³. С.А. Наумов, С.С. Рубин, Ш. Шилома объясняют это тем, что величина оптимальной плотности зависит от степени обеспечения почвы влагой и питательными веществами.

Повышение плотности почвы выше оптимального предела оказывает угнетающее воздействие на растение. Уменьшается пористость почвы, а это значит, что уменьшается количество капилляров и их размеры, влага оказывается в очень мелких порах и становится труднодоступной для корневой системы растений. Увеличение плотности почвы приводит к ухудшению воздухообмена между почвенным воздухом и атмосферой, что способствует накоплению избыточного количества углекислоты.

Повышенная плотность почвы увеличивает сопротивляемость механическому проникновению в почву корней растений, водопроницаемость уменьшается, что затрудняет проникновение поверхностных стоков в глубину почвы и приводит к опасности водной эрозии.

Уменьшение плотности почвы за счет частого рыхления тоже неблагоприятно сказывается на развитии растений. При увеличении рыхлости почвы уменьшается объемная концентрация влаги и питательных веществ, вследствие чего для усвоения воды и элементов пи-

тания растениям нужно развивать более мощную корневую систему. Корневая система растений встречает на своем пути большие пустоты, корешки пытаются обойти их, это замедляет их рост вглубь. Корешок, двигаясь вглубь, попадает в пустоту, начинает извиваться и долго не может проникнуть в почву. Семена, которые имеют плохой контакт с рыхлой почвой, теряют полевою всхожесть, и появление всходов задерживается.

Структурный состав почвы во многом зависит от наличия и оптимального сочетания в ней твердой, жидкой и газообразной составляющих. Опыты, проведенные учеными Э. Вольни, В.В. Квасниковым, М.М. Голдиным и другими указывают на то, что более высокие урожаи сельскохозяйственных культур были получены на хорошо оструктуренных почвах.

М.А. Качинский считает, что структура почвы в агрономическом отношении считается наиболее ценной, если она представлена механически прочными, водоустойчивыми и пористыми комочками размером от 0,25 до 10 мм. При этом обеспечивается оптимальный водно-воздушный режим и другие необходимые для развития растений условия в течение всего периода их роста.

Улучшить структурный состав почвы можно различными способами: обогащение гумусом, высевам трав, поливом и др. Эффективным способом получения мелкокомковатого плодородного слоя почвы и создания оптимальной структуры является ее обработка.

Цель обработки почвы состоит в придании ей такого строения, которое будет наиболее благоприятно сказываться на произрастании растений, считал П.А. Костычев. Воздействие на почву должно способствовать получению как можно большего количества комочков агрономически ценного размера и как можно меньше пыли (<0,25 мм) и глыб (>10 мм). Но даже в лучшем случае, на хорошо структурированных черноземных почвах при ее обработке современными орудиями в условиях физической спелости, количество таких частиц, как правило, не превышает 75 %. Остальные частицы почвы содержатся в ней в виде глыб и пыли, которые весьма существенно ухудшают свойства пахотного слоя.

В.Р. Вильямс определил так называемый «порог вредности работы орудия», отмечал, что количество распыленной почвы, способное заполнить все неполостные промежутки между комками, колеблется от 23 до 35 % (в среднем 30 %). Эта величина и представляет собой «порог вредности работы орудий». Сельскохозяйственные машины и орудия, испытанные в производственных условиях, не распыляют черноземные почвы до указанного предела. Так, даже фреза дает пыли от 5 до 28 %.

Более правильно оценивал структурный состав почвы С.И. Долгов, который считал, что для каштановой почвы суглинистого состава наиболее оптимальной является мелкоком-

понентная смесь, в которой содержание комочков агрономически ценного размера составляет 50...60 %, глыб – не более 25...30 % и пыли – не более 10...20 %.

Многочисленные исследования показывают, что плотность черноземных почв и качество крошения пласта почвы в большой мере определяется влажностью почвы. При этом плотность почвы как верхних, так и нижних слоев изменяется в пределах близких к оптимальным значениям в условиях влажности, обеспечивающей физическую спелость почвы. Поэтому для поддержания в почве такой влажности, проводить обработку с целью регулирования плотности почвы нет необходимости. Также при обработке почвы в фазе физической спелости обеспечивается наилучшее качество крошения пласта почвы. В связи с тем, что в условиях Лесостепи Украины наблюдается нерегулярное выпадение осадков, основной задачей обработки почвы является также создание наилучших условий для накопления и сохранения в ней влаги.

1.2. Анализ технологий и технических средств для обработки почвы под зерновые культуры

Обработка почвы является важнейшим приемом в системе традиционных технологий выращивания зерновых культур. Технология обработки почвы под сев озимых и яровых культур отличается отдельными параметрами, следовательно, и видами применяемых машин и орудий.

Отвальная система обработки почвы основана на вспашке. Согласно теории академика В.Р. Вильямса, необходимо один раз в вегетационный период производить вспашку почвы, которая должна осуществляться после уборки урожая. Главная цель вспашки – сбросить на дно борозды верхний утративший прочность слой почвы (агрегатное состояние <1 мм) и вынести на поверхность прочный структурный слой. Как показывают многочисленные исследования, вспашка способствует повышению биологической активности и содержанию питательных веществ в нижней части обрабатываемого слоя (15...25 см). Поэтому в недалеком прошлом для борьбы с сорняками и с целью мобилизации питательных веществ почвы главенствующая роль принадлежала интенсивной обработке, в частности – глубокой пахоте.

Однако, научные исследования, проведенные в последние годы, свидетельствуют о том, что вспашка имеет ряд недостатков. Обобщение этих материалов позволило Ф.А. Попову (1977) прийти к заключению, что в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения при такой обработке теряется значительное количество влаги. Коэффициент полезного использования атмосферных осадков в большинстве случаев не превышает 60 %.

Интенсивная система обработки почвы, основанная на оборачивании пахотного слоя, не отвечает современным требованиям повышения противозерозионной устойчивости почв,

особенно в районах действия ветровой эрозии, способствует развитию дефляционных процессов.

И все-таки, традиционная технология обработки почвы, основанная на вспашке с оборотом пласта, находит и еще долгое время будет находить применение во всех зонах Украины.

Учеными проведено большое количество исследований, направленных на снижение энергоемкости процесса вспашки. Для этого применялись различные конструкции плугов и их отдельных деталей с целью уменьшения сил трения о рабочие поверхности плуга, которые составляют 65...75 % от всех энергозатрат на пахоту.

Предлагаемые конструкции и способы уменьшения трения не нашли широкого применения в практике из-за низкой надежности в работе, быстрого износа, усложнения конструкции плуга, повышения металлоемкости на основе анализа возможных путей совершенствования конструкции плугов, обеспечивающих снижение их энергоемкости и металлоемкости, повышение производительности и качества работы. В.А. Сакун делает вывод об ограниченных возможностях решения этой проблемы и о необходимости создания принципиально новых почвообрабатывающих машин и орудий.

В современном сельхозмашиностроении к новому поколению относятся ярусные и оборотные плуги, которые за счет качества обработки почвы обеспечивают уменьшение количества последующих обработок и повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Отвальная технология обработки почвы осуществляется в основном лемешными лущильниками, плугами, дисковыми боронами и фрезерными культиваторами.

При подготовке почвы к пахоте на зябь широкое применение получили дисковые тяжелые бороны, которыми обрабатывают почву на глубину 8...10 см. Для основной обработки почвы используют разные по конструктивной форме и назначению рабочие органы плугов. Основную обработку почвы проводят или с оборотом пласта, или только с измельчением и подрезанием корней сорняков.

Наиболее эффективным методом подготовки почвы под посев озимых считают условия занятого или незанятого пара. После уборки подсолнечника или других предшественников в почву вносят органические и минеральные удобрения и запахивают на глубину 22...27 см. В зависимости от сроков и возможностей эту работу проводят или поздней осенью или весной. Для разбивки глыб, образовавшихся при вспашке и выравнивания поверхности поля, применяют целый шлейф почвообрабатывающих орудий: культиваторы, катки, бороны, выравниватели, комбинированные почвообрабатывающие машины и т. д. Высокая энергоем-

кость вспашки не позволяет выполнить эту операцию в наиболее оптимальные сроки, что весьма существенно снижает качество обработки почвы.

Для улучшения качества крошения почвы рекомендуется перед вспашкой проводить послыйную обработку почвы тяжелыми дисковыми боронами, плугами-луцильниками, культиваторами-плоскорезами и др. В этом случае увеличивается количество проходов агрегатов по полю.

А.Н. Гудков для улучшения качества обработки почвы при вспашке предложил разделить процессы крошения пласта почвы и его оборот. Для этого впереди корпусов с винтовыми отвалами устанавливали ножевидную решетку, состоящую из 4...5 горизонтальных и трех вертикальных ножей-стоек. Хорошее качество крошения почвы и минимальный расход энергии на его сжатие достигали за счет резания тонких пластов почвы толщиной 4...7 см. Однако при этом возрастают усилия на преодоление сил трения.

Учеными проведено большое количество исследований, направленных на снижение энергоемкости вспашки, но результаты исследований не были широко внедрены в практику из-за несовершенства конструкций предлагаемых устройств.

Поэтому возникла необходимость создания принципиально новых почвообрабатывающих машин и орудий, новых способов обработки почвы. Последнее возможно путем сокращения или совмещения технологических операций, уменьшения глубины обработки и т. д., что входит в технологию так называемых «минимальных» и «нулевых» обработок почвы.

Целесообразность «минимальной» обработки почвы под посев озимых доказана многократными исследованиями, а также производственным опытом и находит широкое применение на практике. При этом существенно сокращается время на подготовку почвы под посев озимых, лучше сохраняется влага, что способствует получению дружных всходов растений и создает хорошие условия для их вегетации.

Уже в 1950-е годы на основании многочисленных исследований была доказана целесообразность поверхностной обработки почвы под посев озимых после гороха и кукурузы на силос.

Ю.В. Буденный изучал влияние способа обработки почвы под посев озимых после стерневых и нестерневых предшественников на качество крошения пласта почвы. Сравнивали вспашку на глубину 20...22 см и различные способы поверхностной обработки на глубину 8...10 см. Наибольшее количество крупных комков размером более 25 мм содержала вспаханная почва (34,6 %) и обработанная плоскорезом (40,4 %). При этом глыбы после вспашки в дальнейшем дробились значительно труднее, чем после плоскорезной обработки.

После уборки кукурузы на силос при мелкой обработке почвы лемешным луцильным ПЛ-5-25, дисковой бороной БДТ-3 и плоскорезом КПП-250 во всех вариантах эрозийно опасных мелких частиц размером менее 1 мм в обработанном слое было соответственно на 2,1 и 9,4 % больше, чем при вспашке. Проведенные Ж. Ондонды исследования способов обработки почвы в длительном стационарном севообороте показали, что в вариантах отвальной вспашки с различными схемами внесения удобрений количество опасных частиц в обрабатываемом грунте составило 8,03...8,59 %. В вариантах с применением плоскорезов и дисковых орудий количество таких комочков почвы находилось в пределах 5...7 %. При этом число агрономически ценных комочков во всех вариантах обработки не превышало 61...63 %, а в поверхностном слое (0...10 см) количество эрозийно опасных частиц во всех вариантах обработки почвы было на 3...10 % больше, чем в нижних слоях пахотного слоя.

С 1961 года в Новоодесском госсортучастке проводили длительные стационарные исследования на предмет влияния глубокой плоскорезной обработки почвы на плодородие южных черноземов Украины в сравнении с обычной вспашкой.

Данные экспериментальных исследований в течение 19 лет показали, что там, где длительное время не применяли плуг, лучше реализуются элементы повышения плодородия, подтверждающиеся получением более высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Почва, которую обрабатывали плоскорезом, отличалась более высоким содержанием продуктивной влаги, лучшей структурностью, плотностью более близкой к оптимальной, более низкой твердостью и менее выраженной плужной подошвой. Плоскорезная обработка (в отличие от плужной) не привела к изменениям морфологического строения профиля чернозема, физико-механических свойств, его механического и микроагрегатного состава.

Анализируя результаты проведенных исследований, можно сделать вывод о том, что применение плоскорезной обработки почвы позволяет частично устранить недостатки вспашки. При этом повышается производительность агрегатов, снижается на 30...35 % расход энергии на обработку почвы, уменьшаются потери органических веществ и влаги. Однако из-за недостаточного крошения пласта почвы расход энергии возрастает на последующие дополнительные обработки, которые неизбежно связаны с увеличением количества проходов агрегатов и недостатками, связанными с ними.

Обработка почвы по методу Т.С. Мальцева включает рыхление плугом на глубину 35...42 см без оборота пласта. Такую обработку следует проводить один раз в 5...6 лет.

Поверхностная обработка почвы включает такие технологические операции: рыхление, измельчение почвы, подрезание сорняков, заделку удобрений на глубину до 14 см. Для этого

используют лущильники, культиваторы, бороны, мотыги, катки, фрезы и иные почвообрабатывающие машины и орудия.

Катки применяют для разбивания комьев, разрыхления корки, выравнивания поверхности поля, прикатывания многолетних трав перед запашкой их в почву, удаления ледяной корки на озимых посевах и в других мероприятиях земледелия.

Немалое значение в земледелии отводят и применению борон. Это орудие готовит почву для сохранения в ней влаги, выравнивания поверхности поля, уничтожения сорняков, заделки семян и минеральных удобрений, рыхления почвы, уничтожения корки после дождей.

Применение культиваторов в системе обработки почвы является одним из необходимых условий выращивания сельскохозяйственных культур. Их применение широкое и неоднородное.

Предпосевная обработка почвы включает боронование, обработку лапчатыми культиваторами с боронованием для подготовки ложа для семян.

Зубья современной тяжелой бороны давят на почву с силой 20 Н, средней – 15 Н, легкой – до 10 Н. Наличие разрыхленного мелкокомковатого слоя почвы толщиной 3...5 см обеспечивает высококачественную заделку семян.

Обработка культиваторами неспелой почвы приводит к образованию глыб, и достигнуть высокого качества работ при этом невозможно. На тяжелых почвах можно применять для предпосевной культивации культиваторы с рыхлящими лапами на жестких стойках. Культиваторы с пружинными лапами следует объединять с каткованием и боронованием. Такая схема обработки почвы достигается комбинированными агрегатами.

Среди почвенно-климатических зон Украины наиболее эродированные и эрозийно опасны почвы (66,4 %) находятся в Степи, вследствие чего там ежегодно недобирают значительное количество урожая зерна.

Применение агротехнических приемов, таких как контурная, гребнистая, микрокулисная, безотвальная, прерывистое боронование, лункование зяби и пара дают повышение урожайности на 2...3 ц/га. Важное место в этом принадлежит безотвальной обработке почвы. Как показывают результаты исследований, применение безотвальной обработки почвы способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Безотвальная технология также имеет недостатки, которые иногда являются препятствием для более широкого ее применения, ими являются:

- многооперационность;
- энергозатратность;

– низкое качество работ.

Современная наука все шире рекомендует производству применение минимальной почвозащитной системы обработки почвы путём уменьшения глубины обработки, количества механических обработок или объединение ряда технологических операций. Такой технологией достигается сохранение структуры почвы, устраняется чрезмерное уплотнение почвы, повышается её стойкость против эрозионных процессов. В степной зоне хорошо зарекомендовала себя система мелкой обработки почвы под озимые культуры, которые размещаются после непаровых предшественников, или по занятому пару.

Как показывают исследования ВНИИК, урожайность зерна кукурузы по пахоте составила 46,3 ц/га, а на фоне мелкой обработки на 12...14 см – 46,6 ц/га.

Исследования доказывают, что щелевание хорошо сказывается на урожайности, если одновременно применять и плоскорезную обработку почвы. Существует много научных обоснований о возможности полного отказа от большого количества механических обработок почвы. Чрезмерная механическая обработка почвы приводит к разрушению структуры почвы, что, в свою очередь, вызывает понижение ее мощности, ухудшается аэрация, водный и питательный режимы.

Идеи уменьшения количества выполняемых операций в земледелии давно выдвигаются учеными. Ещё Д.И. Менделеев писал, что «...относительно качества пахоты многие ошибаются, думая, что чем больше раз пахать, то тем лучше».

Существует много способов минимизации обработки почвы, но все основные мероприятия сводятся до следующего:

- использование гербицидов;
- применение широкозахватных агрегатов;
- применение комбинированных агрегатов;
- фрезерование почвы.

Так называемая «нулевая» обработка почвы предполагает обработку гербицидами междурядий, а в зоне заделки семян проводится рыхление почвы.

Из перечисленных способов минимизации обработки почвы приоритетное направление все больше набирает применение комбинированных почвообратывающих машин и агрегатов. Последние имеют высокую производительность, дешевые в использовании, не нарушают агротехнических требований и способствуют снижению сроков выполнения технологических операций. Разделяют три основные типы комбинированных машин и агрегатов:

– агрегат комплектуют из нескольких, последовательно соединенных простых машин, каждая из которых выполняет свою операцию;

– последовательно устанавливают на одной раме различные рабочие органы для выполнения технологического процесса;

– машины со специальными комбинированными рабочими органами.

Из зарубежных машин в нашей стране широкое распространение получили комбинированные почвообрабатывающие машины типа «Европак», к рабочим органам которых относят выравниватели, S-образные лапы и ротационные измельчители комков. Использование данных машин в производстве позволяет объединить от двух до шести операций и снизить на 20...40 % расход топлива на предпосевную подготовку почвы.

Агрегаты, составленные на основе комбинации однооперационных орудий, хотя и имеют некоторые преимущества, не оправдывают себя из-за своей громоздкости, неустойчивости движения в прямолинейном направлении и несоответствия их ширины захвата. Посевные комбайны с установленными на одной раме рабочими органами сеялки и почвообрабатывающими орудиями, выполненные в виде лап или дисков, менее громоздки.

Применение на комбинированных машинах активных рабочих органов позволяет за один проход агрегата обеспечить высокое качество обработки почвы. Такие машины, как правило, состоят из фрез и рабочих органов сеялки. Однако широкого распространения машины с активными рабочими органами не получили из-за большой энергоемкости и ненадежности в работе. Последнее объясняется большими затратами энергии на отбрасывание почвы фрезами, которые в общих затратах энергии составляют от 30 до 70 %.

Снижение металло- и энергоемкости комбинированных машин с активными рабочими органами может быть получено при полосной обработке почвы. Такие машины в нашей стране и за рубежом создаются на основе пропашных фрез и сеялок.

Менее энергоёмкими и более надёжными в работе являются комбинированные почвообрабатывающие машины с активно-пассивными рабочими органами. К таким относится машина для крошения и сепарации почвы КПР-3,2. Состоит комбинированная машина из подрезающей лапы и рыхлительно-сепарирующего устройства. Лапа подрезает пласт почвы снизу и подает его к рыхлительно-сепарирующему устройству. Ножи ротора захватывают почву, перемещают ее по сепарирующей решетке с одновременным ее крошением. При ворошении почвы на сепарирующей решетке ножами ротора крупные ее частицы и корневища растений выталкиваются на поверхность, мелкие – просыпаются вниз. Проведенные исследования показали, что такие рабочие органы комбинированной машины обеспечивают высокое качество обработки почвы с одновременным снижением энергоемкости ее проведения.

Производственные испытания предлагаемых типов комбинированных машин показывают, что лучшие показатели в работе дает тип комбинированных машин, оборудованных

специальными рабочими органами для последовательного выполнения технологического процесса подготовки почвы к началу сева, связанных с выращиванием сельскохозяйственных культур. В целом в Украине существует более 100 вариантов систем подготовки почвы к началу сева сельскохозяйственных культур.

По назначению комбинированные машины можно разделить на три группы. Первая группа – машины для совмещения основной и предпосевной обработки почвы. К этой группе можно отнести комбинированные агрегаты и машины как отечественного, так и зарубежного производства: ГРН-1,6; ГРН-3,9; агрегат «Смарагд» фирмы «Лемкен»; «Европак»; АПЧ-2,5; АКШ-3,6; RAY-Polu AG; АКП-2,5; АКП-5; комбинированная машина АКР-3,5; приставка ПВР-3,5 к плугам; плуг с комбинированными рабочими органами ПВР-3-35; АГРО-3 и др.

Почворазрыхлитель типа ГРН выпускает Киевский завод «Агромаш». Почворазрыхлителем обрабатывают поля после уборки свеклы, зерновых и иных культур, высота растительных стеблей которых не превышает 15 см.

Агрегат обеспечивает обработку почвы на глубину до 22 см и культивацию на глубину до 12 см. Допустимая влажность почвы не превышает 25 %, а твердость – 0,6 мПа. Особенно эффективно его применение весной при подготовке под посев необработанных с осени полей. Агрегируется с тракторами класса 30, 14 кН и др. Агрегат вертикальными ножами разрезает почву в вертикальной плоскости, а также перерезает растительные остатки на его поверхности и корневую систему в верхнем горизонте почвы, что снижает возможность их накопления на стойках культиваторных лап. Лапы на грядилях расположены по ярусам одна за другой по ходу агрегата. Первый ярус лап обеспечивает обработку почвы на глубину 8...12 см, второй – на 16...22 см. При перемещении их в почве каждая лапа подрезает в горизонтальной плоскости слой почвы небольшой толщины и интенсивно крошит его без оборачивания. Подпружиненные кольчатые катки, перекатываясь по обработанной лапами почве, дополнительно крошат, выравнивают и завершают ее подготовку под посев за один проход агрегата. При осенней обработке почвы под зябь игольчатые катки и гребенки можно с агрегата снимать.

Агрегат «Смарагд» применяют для обработки почвы с измельчением пожнивных остатков (в том числе и прошлогодних) на глубину до 15 см. Он взрыхляет и выравнивает почву, равномерно перемешивает её с остатками растений и уплотняет при этом почву, тем самым завершая предпосевную подготовку почвы перед севом.

RAU-POLYMAG – комбинированная машина с максимальной шириной захвата – 6 м, для обработки паров, весенней обработки зяби, основной обработки без переворачивания почвы.

Комбинированные агрегаты АКБ-2,5, АКБ-5 используются для основной и предпосевной обработки почвы. Агрегат АКБ-2,5 состоит из двух секций. На передней секции размещены три дисковые батареи и три плоскорезные лапы. Задняя секция состоит из выравнивателя и двух рядов кольчато-шпоровых катков, присоединяется к раме передней секции прицепным устройством. Комбинированная почвообрабатывающая машина АГРО-3 имеет ряд последовательно установленных рабочих органов: чизельные лапы, плоскорезные лапы и две пары дисков. За один проход машина обеспечивает рыхление почвы на глубину до 20 см и создание мелкокомковатого посевного слоя почвы. Выпускается ОАО «Галещина, машзавод» Полтавской области. Как показали сравнительные полевые испытания БДТ-7, ПЧ-2,5, КПЕ-3,8 и АГРО-3, предпосевная подготовка почвы имела высокий уровень качества её обработки всеми машинами.

В разных вариантах с применением исследуемых агрегатов использование машины АГРО-3 позволило получить агрономически ценные комки (0,25...10 мм) в верхнем слое почвы 62,5 %.

Указанные способы обработки почвы практически не влияют на влажность как верхнего, так и метрового слоя почвы. Если рассмотреть очень важный показатель в земледелии – очистка почвы от сорняков, то агрегат АГРО-3 проявил себя намного лучше. Как свидетельствуют экспериментальные данные, применение АГРО-3 уменьшает количество наиболее злостных многолетних корнеотпрысковых сорняков. В контрольном посеве при двукратном дисковании их насчитывалось 87 шт./м², в том числе 24 многолетних корнеотпрысковых. При севе после обработки АГРО-3 с первоначальным дискованием, их было всего 57 шт./м², в 2,4 раза снижается количество наиболее злостных многолетних корнеотпрысковых сорняков.

Исследуемые образцы обработки чизельным рыхлением также дают лучшие показатели, в сравнении с двухразовым дискованием БДТ-7. При чизельном рыхлении их было 84 шт./м² против 92 шт./м² при двухразовом дисковании БДТ-7.

Использование машины АГРО-3 показывает еще раз, что количество сорняков после обработки поля этой машиной уменьшилось до 70 шт./м², то есть на 34 %. Это дает хорошие предпосылки для повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Урожайность озимой пшеницы после обработки почвы БДТ-7 составила 49,5 ц/га, по чизельной обработке почвы – 48,7 ц/га, а после дискования и обработки почвы АГРО-3 – 54,3 ц/га.

Анализ показателей работы комбинированной машины позволяет сделать вывод о более эффективном применении АГРО-3. Как подтверждают данные испытаний агрегата в составе трактора ХТЗ-17020 и АГРО-3, уменьшаются капиталовложения в сравнении со вспашкой почвы на 16,8 %, безотвальной обработкой – на 6,1 %, прямых эксплуатационных затрат соответственно на 14,1 % и 16,1 %, затраты труда на 24,1 и 11,7 %, топлива на 30,5 и 0,3 %. Основным недостатком комбинированной машины АГРО-3 остается большая энергоемкость.

Вторая группа машин для совмещения операций предпосевной обработки почвы включает комбинированные машины РВК-3,6; РВК-5,4; РВК-7,2, выравнитель ВИП-5,6, культиватор-глубокорыхлитель КФГ-3,6, грядкообразователь УГН-4К, комбинированные агрегаты RAU-STERNILLER, PAY-TERRАМАКС, АПБ-6, «Копактор», ККП-6, КНШ-6, «Резидент», «Система-Коруну» и другие.

Третья группа – машины для совмещения предпосевной обработки почвы и сева. Эти машины выполняют предпосевную культивацию и сев. В большинстве случаев в состав этой группы входят простые машины (культиватор и сеялка), а также специальные почвообрабатывающие и посевные агрегаты, такие как фрезерные культиваторы-сеялки, сеялки-культиваторы, луцильники-сеялки, фрезерные культиваторы, сеялки и комбинированный агрегат КА-3,6; АПП-6, «Солитер» фирмы «Лемкен» и другие.

Рассмотренные машины позволяют сократить время на подготовку к той или иной операции, что дает преимущества над теми машинами, которые использовали в сельском хозяйстве до этого времени. Сокращение количества выполняемых операций способствует снижению затрат на предпосевную обработку почвы по сравнению с общепринятой технологией на 52 %, а затраты горюче-смазочных материалов – на 47,8 %.

Анализ работы различных типов почвообрабатывающих комбинированных машин показал, что наибольшую перспективу имеют машины, которые за один проход выполняют весь комплекс работ по подготовке почвы к севу. Такие комбинированные машины позволяют сократить до минимума сроки выполнения технологических операций, расход энергии и средств на их выполнение.

1.3. Особенности технологий возделывания зерновых культур с использованием сеялок прямого сева

Развитие посевной техники долгое время было направлено преимущественно на повышение производительности, то есть на увеличение рабочих скоростей, ширины захвата, мощности тракторов и в этом отношении наблюдается значительный прогресс. С ростом уровня интенсификации производства и развитием биотехнологического подхода к возделыванию зерновых культур в технологии сева на первый план вышли вопросы технического обеспечения высококачественного проведения этого процесса: оптимальное размещение семян по площади и глубине, создание плотного семенного ложа. Добиться таких условий сева (и главное – создать благоприятные условия роста и дальнейшего развития растений) можно только при качественной предпосевной обработке почвы.

Интенсивная система обработки почвы, основанная на оборачивании пахотного слоя, не отвечает современным требованиям повышенной противэрозионной устойчивости почв, особенно в районах действия ветровой эрозии, способствует развитию дефляционных процессов.

Минимальная технология обработки почвы, основанная на уменьшении глубины обработки и количества механических обработок, также имеет свои положительные и отрицательные стороны.

К положительному относится то, что данная система обработки основана на применении плоскорезных почвообрабатывающих орудий и способствует рациональному использованию осадков, особенно в засушливых условиях, уменьшению минерализации гумуса, снижению энергозатрат на обработку почвы и, наконец, обеспечивает высокий почвозащитный эффект от водной и ветровой эрозии.

При минимальной обработке увеличивается производительность труда за счет применения широкозахватных машин и орудий, намного увеличивается мобильность технологических операций (фактор времени).

Минимальная технология, основанная на применении комбинированных машин, положительно сказывается на снижении энергетических затрат за счет уменьшения числа операций и глубины обработки, совмещения механических операций и внесения химикатов в одном агрегате (обработка, сев, внесение удобрений и гербицидов).

Поэтому такие комбинированные машины, которые за один проход обеспечивают подготовку семенного ложа и высев с одновременным внесением в почву удобрений и гербицидов принято называть сеялками прямого сева.

Сеялки прямого сева бывают трех типов:

- полосного рыхления почвы волнистым диском;
- подрезающего типа с распределением семян под стрелчатой лапой;
- комбинированные, объединяющие рабочие органы подрезающего типа и дисковые сошниковые системы.

Оценочным критерием в этом случае принят показатель равномерного распределения семян по глубине.

Параметры однодискового сошника приведены в материалах. Применяются они для сева зерновых культур на обработанных и необработанных почвах при сохраненной стерне. Однодисковые сошники выполняют две операции: лущение стерни и высеv семян. Поэтому они являются более предпочтительными при минимальной обработке почвы. По сравнению с двухдисковым сошником, однодисковый лучше углубляется в почву, лучше перерезает растительные остатки и очищается от налипшей почвы. Все это позволяет применять его на увлажненных почвах тяжелого механического состава с растительными остатками. Однако такой тип сошника обеспечивает крайне неравномерную заделку семян по глубине и в этом отношении уступает сошникам всех других конструкций. В.И. Ильин доказывает это результатами исследований универсального однодискового сошника с опорно-прикатывающим катком в сравнении с серийным двухдисковым сошником на посевах ячменя и овса.

На основании проведенных исследований был создан дисковый сошник с индивидуальными пресс-катками. Эта конструкция обеспечивает повышенную точность копирования с улучшением качества заделки семян под уплотнительный слой почвы.

Преимуществом дисковых сошников следует считать эффективную их работу в условиях наличия пожнивных остатков.

Недостаток дисковых сошников состоит в том, что они не обеспечивают подрезание корней сорных растений.

Сеялки прямого сева с подрезающими лапами или сеялки с лаповыми сошниками применяют для высева семян зерновых культур по стерне или по недостаточно обработанной почве. Такой сошник выполняет одновременно несколько операций – рыхление почвы, подрезание сорняков, высеv семян и внесение гранулированных удобрений.

Сеялки прямого сева с подрезающими сошниками предпочтительнее тем, что они подрезают корни сорных растений. Недостатком является то, что они не могут эффективно работать в условиях наличия растительных остатков на поверхности поля.

Наибольшее распространение получили сеялки с дисковыми сошниками, так как они имеют небольшое тяговое сопротивление, удовлетворительно работают на плохо обработанных почвах, а также комковатой, глыбистой и богатой корневыми остатками.

Преимущество технологии сева сеялками прямого сева по сравнению с другими технологиями состоит в том, что они обеспечивают минимальное число проходов агрегатов по полю. Недостатком гербицидной технологии является то, что происходит загрязнение почвы сорняками и это приводит к удорожанию работ при борьбе с ними из-за относительно высокой стоимости гербицидов.

Преимущества сеялок прямого сева состоят в том, что они обеспечивают рыхление почвы только в зоне заделки семян и создают необходимый контакт семян с почвой. Сеялки прямого сева в Западной Европе, которая имеет легкие почвы, обеспечивают подготовку почвы по «нулевой» технологии. В условиях США, Канады и Лесостепи Украины на почвах среднего и тяжелого механического состава, как показала практика, «нулевая» технология не обеспечивает создание необходимого контакта семян с твердой фазой почвы. Поэтому в наших условиях перспективу имеют сеялки прямого сева, обеспечивающие обработку почвы в семенном ложе. Такие сеялки можно разделить на две группы. К первой группе машин относят сеялки, в которых перед сошниками устанавливают волнистые диски. Перемещаясь с большой скоростью, они в результате взаимодействия с почвой рыхлят узкие полосы, в которые заделываются сошниками семена.

Наиболее перспективной для зернового производства Украины является бункерная сеялка прямого сева «Джон Дир 730» (рис. 1.1), у которой плоскорежущие лапы обрабатывают почву, а дисковые сошники с опорно-копирующими колесами – для подготовки семенного ложа и заделки семян в почву. Эта комбинированная машина устраняет недостатки первой и второй групп сеялок прямого сева.



Рис. 1.1. Бункерная сеялка прямого сева «Джон Дир 730»

Сеялки прямого сева зарубежного производства имеют относительно высокую цену, низкую универсальность и приспособлены работать только на выровненных полях. Их невозможно эффективно использовать с энергетическими средствами отечественного производства. Поэтому сегодня они недоступны нашему производителю. Попытки создать аналоги сеялок прямого сева на отечественных заводах сельхозмашиностроения («Красная Звезда», «Фрегат», «Галещина, машзавод» и др.) успехов пока не принесли.

1.4. Результаты исследований процесса работы сеялки прямого сева

Одним из направлений решения проблемы снижения энергоёмкости технологий возделывания зерновых культур является разработка и внедрение в производство сеялок прямого сева. Все известные сеялки прямого сева разделяют на дисковые и сеялки с подрезающими рабочими органами. Первые типы сеялок более универсальные и имеют меньшую энергоёмкость. Они могут работать в условиях повышенного содержания растительных остатков.

Теоретическими исследованиями динамики функционирования сошниковой системы занимались П.М. Василенко, Г.М. Бузенков, Д.А. Пологих, М.М. Севернев, А.М. Ширяев и др. Было установлено, что равномерность хода сошников определяется их способностью копировать рельеф почвы. Это является основным агротехническим требованием к посевной машине – обеспечение стабильности копирования поверхности почвы при неизменной по всей длине движения глубины заделки семян. Возмущающими факторами этого требования являются: поступательная скорость сеялки, сопротивление почвы, высота гребней и расстояние между ними, геометрические параметры поводка, вес, расположение центра масс и т.д.

Обоснование рациональных параметров сошниковой системы проводили путем составления и решения дифференциального уравнения движения системы. Расчетная схема и силы, действующие на элементы сошниковой системы, приведены на рис. 1.10. Движение системы материальных точек сошниковой системы рассматривали в двух системах координат: подвижной XOZ и неподвижной $X_nO_nZ_n$.

А.М. Ширяев рассматривал сошник с поводком как механическую систему с двумя степенями свободы. В качестве обобщенных координат принимал перемещение сошниковой системы вдоль оси X и φ – угол поворота сошника относительно точки подвеса. В.М. Соколов рассматривал эту же систему с одной степенью свободы, принимая обобщенной координатой лишь угол φ .

Решив дифференциальное уравнение, были определены закономерности изменения угла φ , на основании которого были сделаны следующие выводы:

1. Равномерность хода сошников по глубине не зависит от поступательной скорости сеялки при условии, что эта скорость постоянна. Если величина поступательной скорости сеялки колеблется – равномерность хода сошников по глубине ухудшается, причем, чем больше вес сошников, тем более неравномерным является их ход по глубине.

2. Равномерность хода сошников по глубине улучшается с увеличением расстояния между центром масс и точкой подвеса, с увеличением массы и момента инерции относительно её центра к горизонтальной прямой, проходящей через точку подвеса.

С целью проверки полученных при механико-математическом анализе выводов были проведены экспериментальные исследования дисковых сошников. Исследования проводили в почвенном канале. При обработке экспериментальных данных для каждой повторности определяли среднюю величину глубины хода сошников, среднее квадратическое отклонение глубины хода (σ), коэффициент вариации глубины хода (K_V), поступательную скорость их хода. В результате чего определили, что при изменении расстояния между центром масс и точкой подвеса средняя величина глубины хода сошника (H_{cp}) при увеличении расстояния l_o во всех случаях несколько уменьшается, а равномерность хода сошника по глубине в рассматриваемых пределах улучшается. Причем с увеличением массы сошника и момента инерции его относительно её центра глубина хода сошника H_{cp} увеличивается, а равномерность хода по глубине улучшается (σ и K_V уменьшаются).

Исследуя влияние угла φ к горизонту прямой l_o , соединяющей центр масс сошника с точкой подвеса, можно сделать вывод, что при увеличении угла φ для сошников с различной длиной поводка и весом уменьшилась глубина хода H_{cp} , и произошло увеличение среднеквадратического отклонения σ и коэффициента вариации K_V . Следовательно, ход сошника наиболее равномерный тогда, когда центр масс его находится ближе к горизонтальной прямой, проходящей через точку подвеса.

Изучив влияние поступательной скорости двухдискового сошника (переднего) на равномерность хода сошника по глубине было установлено, что с возрастанием поступательной скорости глубина хода сошника уменьшается, а равномерность хода сошников по глубине не ухудшается. Среднее квадратическое отклонение глубины хода практически не изменяется, а коэффициент вариации значительно увеличивается.

В процессе своих исследований А.М. Ширяев делает вывод, что сошник совершает колебательные движения с частотой неровностей поля и с запаздыванием по фазе относительно его профиля. Кроме того, с увеличением гребнистости и с уменьшением жесткости

пружины нажимной штанги неравномерность хода сошника по глубине возрастает. Причем с увеличением скорости движения сошника, с целью улучшения равномерности его хода, жесткость пружины нажимной штанги необходимо увеличивать.

Анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований В.М. Соколова показал, что равномерность хода сошника по глубине улучшается с повышением равномерности скорости движения, с уменьшением угла наклона поводка, с увеличением массы сошниковой системы и момента инерции относительно центра масс до определенной величины, а также при удалении центра масс от точки подвеса сошника.

Сравнение переднего и заднего сошников показало, что равномерность хода по глубине при работе в одних и тех же почвенных условиях одинакова, что противоречит исследованиям В.М. Соколова. В своей работе А.М. Ширяев уточнил, что разница в длине переднего и заднего сошников существенного влияния на равномерность их хода не оказывает.

Выводы

1. Анализ результатов исследований обработки почвы, обеспечивающей создание наиболее благоприятных условий для прорастания семян и развития растений, позволил сформулировать следующие требования: оптимальная плотность почвы в зоне развития корневой системы растений для большинства культурных растений (в том числе и для зерновых) находится в пределах $1,1 \dots 1,3 \text{ г/см}^3$, а комочков почвы с размером от 20 до 0,25 мм в обработанном слое должно быть более 80 %.

2. В условиях Лесостепи Украины с черноземными почвами среднего и тяжелого механического состава качественное крошение почвы обеспечивается при ее обработке в фазе физической спелости (влажность 22...24 %), а равновесная ее плотность при такой влажности находится в пределах оптимальной. Поэтому главной задачей обработки почвы является создание наиболее благоприятных условий для накопления и сохранения в почве влаги.

3. Традиционные отвальные и безотвальные технологии возделывания зерновых культур с набором известных машин и орудий, не обеспечивают растениям создание наиболее благоприятных условий для прорастания семян и их развития. А для получения хорошей качественной подготовки почвы под посев предусматривается выполнение относительно большого количества технологических операций. Последнее способствует увеличению потерь влаги из почвы и расхода энергии на их выполнение.

4. Решение проблемы снижения затрат энергии на обработку почвы под зерновые культуры в условиях черноземных почв Лесостепи Украины может быть осуществлено путем использования комбинированных почвообрабатывающих машин, которые за один проход выполняют весь комплекс работ по подготовке почвы к севу. Известные комбинированные машины, предназначенные для выполнения всего комплекса работ по подготовке почвы к севу, из-за высокой металлоёмкости и энергоёмкости, низкой технологической и технической надёжности не нашли широкого применения в производстве.

5. Одним из наиболее перспективных направлений совершенствования технологий возделывания зерновых культур является внедрение в них сеялок прямого сева, которые позволяют свести до минимума расход средств на их выращивание и затрат энергии.

Сеялки прямого сева западного производства и отечественные их аналоги имеют высокую цену, низкую приспособленность к различным природно-климатическим вариациям и не адаптированы к использованию с отечественными энергосредствами поэтому широкого применения на практике не получили.

6. Известные математические модели для определения напряжений в почве, которые возникают в ней под воздействием клина, не позволяют исследователям и конструкторам определять рациональные параметры рабочих органов с учётом условий их применения.

7. Снижение колебаний сельскохозяйственных машин в процессе работы можно достичь за счёт совершенствования их параметров с точки зрения улучшения устойчивости движения, что открывает возможности для дальнейшего повышения скорости движения и увеличения ширины захвата агрегатов. В теоретическом и практическом плане использование теории устойчивости движения систем изучено недостаточно.

"Необходимо подобрать многообразие форм рабочего органа обеспечивающего удовлетворение агротехнических требований к качеству обработки почвы и выбрать ту, которые в процессе работы требуют наименьших затрат энергии"

В.П. Горячкин

"Система называется устойчивой, если при отклонении действий внешних сил изменения траектории движения системы будут незначительными"

А.М. Ляпунов

"Установлено, что при работе сельскохозяйственных орудий плотность глыб превышает исходную величину плотности почвы"

А.С. Кушнарев

ГЛАВА 2

ТЕОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

2.1. Разработка научной гипотезы процесса крошения почвы рабочими органами машин и орудий

В общем случае при обработке почвы рабочие органы сельскохозяйственных машин и орудий воздействием на почву способствуют изменению её состояния. Для упрощения изучения физической сущности процесса воздействия рабочего органа на почву В.П. Горячкин предложил рассматривать последний как простой клин или совокупность множества простых клиньев. Историю развития учения о работе клина рассматривали в контексте с общей теорией резания материалов. Однако В.П. Горячкин отмечал, что при резании металлов механическое строение срезаемой стружки не имеет существенного значения, а при обработке почвы образование «почвенной стружки», ее физико-механические свойства имеют первостепенное значение, именно они и определяют качество её проведения.

Изучением вопросов резания грунтов занимался в начале 1930-х годов Динглингер, который проводил эксперименты по определению усилий резания песка двумя вертикальными ножами в зависимости от глубины резания. Динглингер установил, что усилия резания пропорциональны квадрату глубины резания и по величине превосходит в 10...30 раз величину давления грунта на подвижную стенку, а также обнаружил наличие перед лезвием «тела повышенного давления». Продолжил исследования по изучению процесса резания песка

ножами Ратье, который на основании анализа выполненных экспериментов вывел формулы для определения усилий резания. Так как формулы получены на основании результатов опыта только с песком и рассматривались не все виды грунтов, а также не было достаточно глубокого описания физики процесса, то они имели существенные неточности.

С появлением тракторов в первой половине прошлого столетия в моделировании процесса обработки почвы клином и изменением почвообрабатывающей техники широко использовали понятие удельного сопротивления резанию рабочими органами типа лемеха. В.П. Горячкин показал, что общее усилие резания грунта не может быть определено только удельным сопротивлением почвы и предложил рациональную формулу для определения сопротивления плугу, которое целесообразно рассматривать состоящим из трех составляющих – перемещения плуга, деформации пласта почвы и сопротивления почвы отбросу её лемехом.

В работах А.Д. Далина, которые были проведены в 1938-1948 годах, по изучению свойств почвы, установлено, что почвы целесообразно классифицировать как связные и малосвязные (сыпучие), а также было показано, что при резании грунтов энергия расходуется на преодоление сил сцепления и трения почвы. В результате выполненных исследований предложены рекомендации по определению рациональных параметров роторных рабочих органов. В работах Н.Г. Домбровского определены экспериментальные усилия копания для различных типов ковшей.

В.П. Горячкин процесс образования отделяемого клином пласта почвы делил на две фазы. Первая фаза – смятие и уплотнение подрезаемого пласта почвы. Вторая – сдвиг пласта почвы. И.А. Тима в 1870-х годах назвал отделяемый пласт стружкой скалывания. Т.М. Галагурский, В.П. Горячкин, М. Никольсон и др. утверждали, что процесс скалывания пласта почвы происходит путем сдвига. В.В. Бородкина и В.Г. Кирнахин определили, что большинство используемых в сельском хозяйстве суглинистых и глинистых почв под воздействием клина разрушаются путем отрыва. Из анализа результатов исследований В.Ф. Пашенко делает вывод, что отделение пласта почвы от монолита происходит путем сдвига или отрыва в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемой почвы.

Описанная модель физической сущности процесса взаимодействия клина с почвой широко используется на практике для решения множества задач по обоснованию параметров почвообрабатывающих рабочих органов. Однако, физическая сущность процессов, которые происходят под действием клина в отделяемом пласте почвы, изучена недостаточно. Это связано с тем, как писал В.П. Горячкин, что процесс взаимодействия почвы с клином связан с деформацией пласта и является «основным препятствием для всякого рода теоретических исследований».

Изучению процессов, происходящих в почве под воздействием клина, посвящены работы В.П. Горячкина, Т.М. Галагурского, В.А. Желиговского, А.Н. Зеленина, А.С. Кушнарева и др. При этом были использованы гипотезы о всестороннем сжатии, те или иные теории сплошных сред, пластической текучести и др.

При решении задач на прочность используют ряд экспериментально обоснованных гипотез, а именно:

- теория наибольших нормальных напряжений (Галилей, Ренкин);
- теория наибольших деформаций (Сен-Венан);
- теория наибольших касательных напряжений (Кулон, Гест, Треска);
- энергетическая теория прочности (Губер, Мизес);
- теория Мора (максимум $\tau \pm fG$).

В последнее время наиболее широкое распространение получила теория Мора, которую используют для определения паспорта материала на прочность. Она хорошо описывает явление пластической деформации и разрушения материала путем сдвига.

При использовании той или иной теории прочности необходимо знать значения предельных напряжений, которые вызывают в материале деформации, ведущие к разрушению исходной структуры. Предельные напряжения легко определяются экспериментально только для деформаций растяжения и сжатия.

Следовательно, для определения напряжений в почве, которые возникают в результате воздействия клина, можно принять гипотезу о том, что процесс отделения от основной упругой связной массы подрезаемого пласта почвы (крошение) происходит путём его изгиба.

2.2. Математическая модель напряженного состояния почвы под воздействием клина

На основании анализа результатов многочисленных экспериментов установлено, что для связных почв имеет место отделения клином пласта почвы от основной массы путем его отрыва. Для описания физической сущности явления воспользуемся гипотезой об отделении клином подрезаемого пласта почвы путем его изгиба. При этом почву будем рассматривать как однородную среду с равнопрочными свойствами во всем ее объеме, подвергаемом воздействию клина, но разными механическими характеристиками при сжатии и растяжении.

Пласт, отделяемый клином, рассматриваем как балку соответствующего поперечного сечения. При изгибе балки в ней возникают нормальные и касательные напряжения. Значения предельно допустимых напряжений определяются исходными свойствами обрабатываемой почвы. Для почв малосвязных или предварительно обработанных значения предельно допустимых напряжений являются незначительными, и процесс отделения пласта почвы происхо-

дит при меньших усилиях изгиба. Нормальные и касательные напряжения, возникающие в балке при изгибе, зависят от соотношения между длиной и толщиной балки. С увеличением такого соотношения значения касательных напряжений снижаются, а нормальных напряжений возрастают. Таким образом, на основе вышеприведенного можно сделать вывод о том, что для малосвязных почв и почв с относительно малыми предельно допустимыми напряжениями, длина образованной балки (пласта почвы) относительно небольшая и преобладающими напряжениями в ней являются касательные напряжения и, как следствие, процесс отделения пласта почвы происходит путем сдвига. В связных почвах (с относительно большими предельно допустимыми значениями напряжений) разрушение происходит при больших значениях изгиба, то есть при большой длине балки отделяемого пласта почвы, в которой преобладающими будут нормальные напряжения, и отделение пласта почвы происходит за счет отрыва его от основной массы. Принятая гипотеза физической модели разрушения почвы под действием клина достаточно хорошо согласуется с результатами многочисленных исследований. Кроме того, принятая гипотеза позволяет учитывать, что на величину нормальных и касательных напряжений в отделяемом пласте почвы оказывает влияние и глубина обработки почвы. Поэтому процесс образования комка путем отделения его от основной массы сдвигом или отрывом определяется не только физико-механическими свойствами почвы, параметрами рабочего органа, но и глубиной хода его в почве. Для изучения взаимосвязи между названными факторами целесообразно провести специальные исследования.

С энергетической точки зрения более совершенен процесс, в ходе которого скалывание почвы проходит путем отрыва, и поэтому будем исследовать такую пространственную ориентацию клина, при которой наблюдается этот эффект, обусловленный преобладанием нормальных напряжений над касательными. Будем полагать, что действующий на почвенный пласт клин вызывает в нем только изгибающий момент, а поперечные и нормальные силы малы до такой степени, что их можно не учитывать, то есть имеет место «чистый» изгиб. При «чистом» изгибе бруса, в соответствии с гипотезой плоских сечений, его внутренние слои изгибаются по окружности. Одни слои бруса удлиняются, другие – укорачиваются, не взаимодействуя между собой, то есть в поперечном сечении бруса возникают только нормальные напряжения, а касательными напряжениями пренебрегаем. При этом в брусѣ существует «нейтральная линия», которая для материалов со свойствами, удовлетворяющими закон Гука и с одинаковыми модулями упругости на растяжение и сжатие, проходит через центр его массы.

В почве модули упругости на растяжение и сжатие имеют различные значения, напряжения растут медленней деформаций, а рост деформаций при растягивании существенно

превышает деформации сжатия. При этом «нейтральная» линия смещается от центра тяжести поперечного сечения в сторону центра изгиба балки.

На рис. 2.1 представлена схема действия клина на подрезаемый пласт почвы.

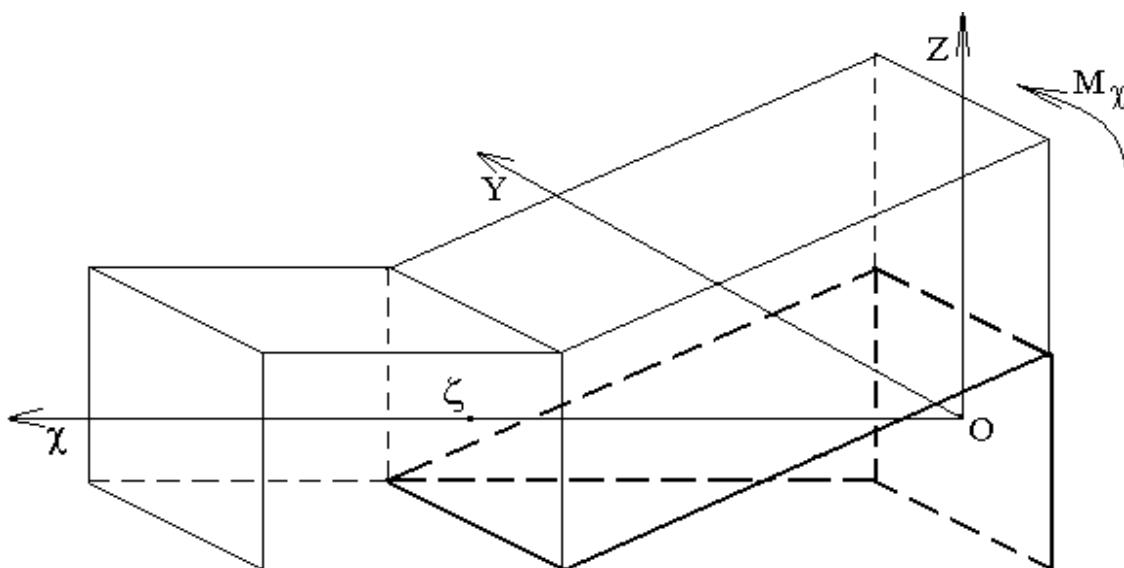


Рис. 2.1. Схема действия изгибающего момента на почвенный брус

Внешний текущий момент, действующий на брус, определяется по формуле:

$$\dot{I}_{\chi} = -\gamma(\zeta)(\chi - \zeta) + \alpha(\zeta)\omega(\zeta)(\chi - \zeta), \quad (2.1)$$

где $\gamma(\zeta)$ – сила тяжести единицы длины слоя почвы по ширине клина в ζ -й точке;

$(\chi - \zeta)$ – плечо;

$\alpha(\zeta)$ – сила сцепления отделяемого пласта почвы в точке ζ ;

$\omega(\zeta)$ – величина деформации почвы в точке ζ .

Внутренний момент в разрезе пласта почвы определяем по уравнению:

$$\dot{I}_{\chi} = \int \theta_{\delta} \cdot Y \cdot dF_{\delta} + \int \theta_{\bar{n}\bar{e}} \cdot Y \cdot dF_{\bar{n}\bar{e}}, \quad (2.2)$$

где θ_p – напряжение при растяжении;

$\theta_{сж}$ – напряжение при сжатии;

Y – координата от «нейтрального» слоя к поперечному сечению;

F – площадь поперечного сечения с учетом того, что

$$\theta_p = \frac{Y}{\rho} E_p;$$

$$\theta_{\bar{n}\alpha} = \frac{Y}{\rho} E_{\bar{n}\alpha} ,$$

где E_p и $E_{сж}$ – модуль Юнга соответственно для растяжения и сжатия почвенного бруса;

ρ – радиус кривизны нейтрального слоя,

а также на основании равенства момента внешних сил и момента напряжений запишем:

$$\int \frac{Y^2}{\rho} E_p dF_p + \int \frac{Y^2}{\rho} E_{сж} dF_{сж} = - \int_{\theta}^{\zeta} [\gamma(\zeta)(\chi - \zeta) + \alpha(\zeta)\omega(\zeta)(\chi - \zeta)] d\zeta ; \quad (2.3)$$

В соответствии с гипотезой плоских сечений, в которой принимается, что сечения, перпендикулярные нейтральному слою до деформации остаются перпендикулярными к нему и после деформации, модули Юнга остаются постоянными на высоте слоя, следовательно, отношения модулей Юнга к радиусу кривизны нейтрального слоя не зависят от переменной интегрирования, а также с учетом того, что

$$\dot{I}_{\chi} = \int_F Y^2 dF = I ,$$

где I – осевой момент инерции площади поперечного сечения при малых деформациях изгиба имеем:

$$\frac{1}{\rho} \approx \frac{d^2 \omega}{d\chi^2} .$$

Тогда уравнение (2.4) запишется:

$$\frac{d^2 \omega}{d\chi^2} (E_p I_p + E_{\bar{n}\alpha} I_{\bar{n}\alpha}) = - \int_0^{\chi} [\gamma(\zeta)(\chi - \zeta) + \alpha(\zeta)\omega(\chi - \zeta)] d\zeta , \quad (2.4)$$

где I_p и $I_{сж}$ – моменты инерции площадей областей соответственно растяжения и сжатия поперечного сечения относительно нейтрального слоя.

Для определения положения нейтральной слоя воспользуемся следующими формулами:

$$h_1 = \frac{h\sqrt{E_{сж}}}{\sqrt{E_p} + \sqrt{E_{сж}}} ; \quad (2.5)$$

$$h_2 = \frac{h\sqrt{E_p}}{\sqrt{E_p} + \sqrt{E_{сж}}} , \quad (2.6)$$

где $h = h_1 + h_2$ – глубина хода клина.

Тогда для бруса с поперечным сечением формы прямоугольника:

$$I_p = \frac{bh_1^3}{3}; \quad (2.7)$$

$$I_{\bar{n}e} = \frac{bh_2^3}{3}, \quad (2.8)$$

где b – ширина бруса.

Интегрально-дифференциальное уравнение (2.4) дифференцируем дважды по χ :

$$\begin{aligned} \frac{d^3 \omega}{d\chi^3} (E_p I_p + E_{сж} I_{сж}) &= - \left[\int_0^\chi \gamma(\zeta) \chi d\zeta - \int_0^\chi \gamma(\zeta) \zeta d\zeta + \int_0^\chi \alpha(\zeta) \omega(\zeta) \chi d\zeta - \int_0^\chi \alpha(\zeta) \omega(\zeta) \zeta d\zeta \right]^1 = \\ &= - \left(\int_0^\chi \gamma(\zeta) + \alpha(\zeta) \omega(\zeta) d\zeta + \chi [(\gamma(\chi) + \alpha(\chi) \omega(\chi))] - \gamma(\chi) \chi - \alpha(\chi) \omega(\chi) \chi \right) = - \int_0^\chi (\gamma(\zeta) + \alpha(\zeta) \omega(\zeta)) d\zeta; \\ \frac{d^4 \omega}{d\chi^4} (E_p I_p + E_{сж} I_{сж}) &= - [\gamma(\chi) + \alpha(\chi) \omega(\chi)]. \end{aligned}$$

Полученное уравнение приведем к виду:

$$\frac{d^4 \omega}{d\chi^4} + \frac{\alpha}{E_p I_p + E_{сж} I_{сж}} \omega + \frac{\gamma}{E_p I_p + E_{сж} I_{сж}} = 0$$

или

$$\frac{d^4 \omega}{d\chi^4} + K_1 \omega + K_2 = 0, \quad (2.9)$$

где

$$K_1 = - \frac{\alpha}{E_p I_p + E_{сж} I_{сж}}, \quad (2.10)$$

$$K_2 = \frac{\gamma}{E_p I_p + E_{сж} I_{сж}}. \quad (2.11)$$

Характеристическое уравнение дифференциального уравнения (2.9) имеет вид:

$$r^4 + K_1 r + K_2 = 0; \quad (2.12)$$

Преобразуем уравнение (2.12) в уравнение третьей степени. Для этого введем обозначение:

$$r = Y - \frac{K_2}{K_1}.$$

При этом

$$r' = y'; \quad r'' = y''; \quad r''' = y'''; \quad r^{IV} = y^{IV}.$$

Полученное выражение подставляем в уравнение (2.12):

$$y^4 + K_1 y = 0;$$

$$y = 0;$$

$$y^3 + K_1 = 0.$$

Используя формулы Кардано, получим:

$$y_1 = -\sqrt[3]{K_1};$$

$$y_2 = \frac{1}{2}\sqrt[3]{K_1} + \frac{1}{2}\sqrt[3]{K_1} i;$$

$$y_3 = \frac{1}{2}\sqrt[3]{K_1} - \frac{1}{2}\sqrt[3]{3K_1} i.$$

Тогда

$$y = C_1 + C_2 l^{-\sqrt[3]{K_1} x} + l^{0,5\sqrt[3]{K_1} x} \left(C_3 \cos \frac{1}{2}\sqrt[3]{K_1} x + C_4 \sin \frac{1}{2}\sqrt[3]{3K_1} x \right).$$

Общее решение дифференциального уравнения (2.12) запишется:

$$\omega = C_1 + C_2 l^{-\sqrt[3]{K_1} x} + l^{0,5\sqrt[3]{K_1} x} \left(C_3 \cos \frac{1}{2}\sqrt[3]{K_1} x + C_4 \sin \frac{1}{2}\sqrt[3]{3K_1} x \right) - \frac{K_2}{K_1}, \quad (2.13)$$

где $C_1; C_2; C_3; C_4$ – постоянные интегрирования.

Значения постоянных интегрирования находим из граничных условий. Предположим, что при $\chi = 0$:

$$\omega = v \cdot \Delta t \operatorname{tg} \alpha; \quad (2.14)$$

$$\omega' = 0; \quad (2.15)$$

где v – поступательная скорость движения клина;

Δt – шаг перемещения клина по времени;

α – угол крошения пласта почвы.

Условие (2.14) отвечает предположению, что перемещение сечения слоя при $\chi = 0$ совпадает с перемещением крайней кромки клина. Условие (2.15) означает, что в сечении $\chi = 0$ отсутствует деформация изгиба. Угол крошения почвы клином изменялся от 6° до 36° .

Принимая, что длина отделяемого слоя почвы не более 0,5, можем записать условия, кинематически определяющие неподвижность соответствующего сечения при $\chi = 0,5$

$$\omega = 0; \quad (2.16)$$

$$\omega' = 0. \quad (2.17)$$

Первая производная функции (2.13) составит:

$$\begin{aligned} \omega' = & -C_2 \sqrt[3]{\hat{E}_1} l^{-\sqrt[3]{\hat{E}_1} \tilde{\sigma}} + \frac{1}{2} \sqrt[3]{\hat{E}_1} l^{0,5 \sqrt[3]{\hat{E}_1} \tilde{\sigma}} \left(\tilde{N}_3 \cos \frac{1}{2} \sqrt[3]{3\hat{E}_1} x + C_4 \sin \frac{1}{2} \sqrt[3]{3\hat{E}_1} \tilde{\sigma} \right) + \\ & + \frac{1}{2} \sqrt[3]{3\hat{E}_1} l^{0,5 \sqrt[3]{\hat{E}_1} \tilde{\sigma}} \left(-\tilde{N}_3 \sin \frac{1}{2} \sqrt[3]{3\hat{E}_1} \tilde{\sigma} + \tilde{N}_4 \cos \frac{1}{2} \sqrt[3]{3\hat{E}_1} \tilde{\sigma} \right). \end{aligned} \quad (2.18)$$

Вторая производная имеет вид:

$$\begin{aligned} \omega'' = & C_2 \sqrt[3]{K_1^2} l^{-\sqrt[3]{K_1} x} + \frac{1}{4} \sqrt[3]{K_1^2} l^{0,5 \sqrt[3]{K_1} x} \left(C_3 \cos \frac{1}{2} \sqrt[3]{3K_1} x + C_4 \sin \frac{1}{2} \sqrt[3]{3K_1} x \right) + \\ & + \frac{1}{4} \sqrt[3]{3K_1^2} l^{0,5 \sqrt[3]{K_1} x} \left(-C_3 \sin \frac{1}{2} \sqrt[3]{3K_1} x + C_4 \cos \frac{1}{2} \sqrt[3]{3K_1} x \right) + \frac{1}{4} \sqrt[3]{3K_1^2} l^{0,5 \sqrt[3]{K_1} x} \times \\ & \times \left(-C_3 \sin \frac{1}{2} \sqrt[3]{3K_1} x + C_4 \cos \frac{1}{2} \sqrt[3]{3K_1} x \right) - \frac{1}{4} \sqrt[3]{(3K_1)^2} l^{0,5 \sqrt[3]{K_1} x} \times \\ & \times \left(C_3 \cos \frac{1}{2} \sqrt[3]{3K_1} x + C_4 \sin \frac{1}{2} \sqrt[3]{3K_1} x \right). \end{aligned} \quad (2.19)$$

Третья производная имеет вид: $\omega''' = -K_1$.

Решая систему уравнений (2.14...2.17) с учетом выражений (2.18) и (2.19), находим значения постоянных интегрирования. Значения последних подставляем в выражение (2.13) и получаем уравнение кривой, описывающей профиль изгиба нейтрального слоя почвы под воздействием клина за принятой гипотезы «о чистом изгибе» отделяемого слоя.

Напряжения в крайних волокнах почвенного бруса при изгибе на разрыв и сжатие определяются по формулам:

$$\sigma_p = \omega'' E_p h_1; \quad (2.20)$$

$$\sigma_{сж} = \omega'' E_{сж} h_2. \quad (2.21)$$

Разрушения в почве происходят в случае, если значения напряжений в крайних волокнах достигают предельно допустимых величин:

$$\sigma_p \geq [\sigma_p]; \quad (2.22)$$

$$\sigma_{ñæ} \geq [\sigma_{ñæ}], \quad (2.23)$$

где $[\sigma_p]$; $[\sigma_{сж}]$ – допустимые напряжения в почве соответственно на растяжение и сжатие.

Касательные напряжения в почве при ее изгибе определяются по формуле:

$$\tau = \frac{\sigma Q}{bh^2} \left(\frac{h^2}{4} - Y \right);$$

где Q – поперечная сила;

Y – координата слоя в сечении бруса относительно нейтрального слоя.

Наибольшее касательное напряжение имеет место при $Y = 0$:

$$\tau_{\max} = \frac{3Q}{2bh}.$$

С учетом того, что:

$$Q = EI_\chi \omega''';$$

максимальное значение касательного напряжения в почвенном бруске определяется:

$$\tau_{\max} = \frac{3E \cdot I_\chi \omega'''}{2bh}. \quad (2.24)$$

Процесс разрушения пласта почвы при изгибе происходит на участках, на которых значение нормальных или касательных напряжений достигает предельно допустимого значения.

Анализ результатов исследований процесса крошения почвы под действием клина показывает, что

Используя зависимости (2.20), (2.21) и (2.24), получили закономерности распределения максимальных напряжений на растяжение и сжатие в зависимости от глубины хода клина при различных углах крошения почвы, при прохождении клином пути равном 10 мм от начала его движения (рис.2.2).

Допустимые напряжения на разрыв в почве в зависимости от ее типа и свойств, обусловленных влажностью и температурой, находятся в пределах от 2 до 6 кН/м². При различных прочностных значениях допустимых напряжений почвы на разрыв (см. рис. 2.2) разрушение ее под действием клина в начальный момент движения происходит при углах крошения более 18°.

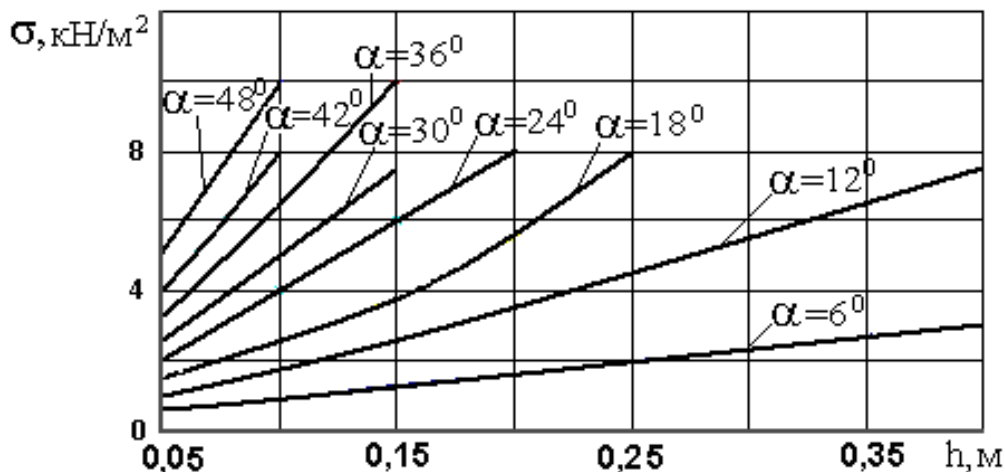


Рис. 2.2. Зависимость максимальных напряжений растяжения в почве, возникающих под воздействием клина от глубины его хода при различных углах крошения

При углах крошения 6° процесс разрушения целостного слоя происходит при глубинах хода клина более 25 см, для 12° – более 12 см и для 18° – более 7 см. Если допустимые напряжения в почве на разрыв будут иметь максимальное значение, то в начальный момент движения клина при углах крошения 6° и 12° до глубины его хода равной до 0,3 м, разрушения подрезаемого пласта почвы не происходит. При углах крошения 18°, 24°, 30°, 36°, 42° и 48° разрушение пласта происходит при глубинах хода клина соответственно более 0,20; 0,15; 0,12; 0,09; 0,07 и 0,06 м.

Допустимые напряжения сдвига в почве изменяются в пределах 6...15 кН/м². Из рис. 2.3 видно, что в начальный момент движения клина напряжения сдвига в сравнении с напряжениями на разрыв имеют величину, более близкую к предельной.

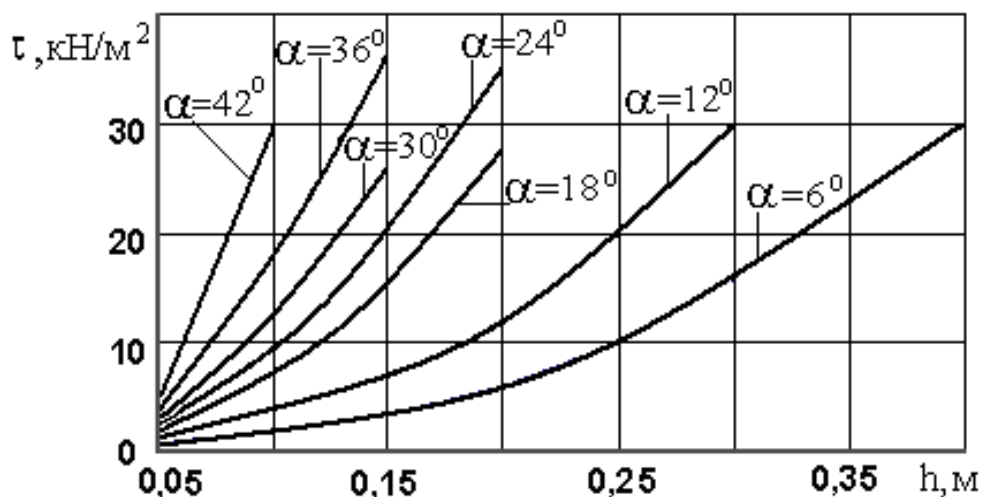


Рис. 2.3. Зависимость максимальных касательных напряжений в почве под воздействием клина от глубины его хода при различных углах крошения

Расчетные величины длины сколотого пласта почвы при различных глубинах обработки и углах крошения клином в зависимости от предельно допустимых значений напряжений на разрыв почвы показаны на рис. 2.4; 2.5 и 2.6.

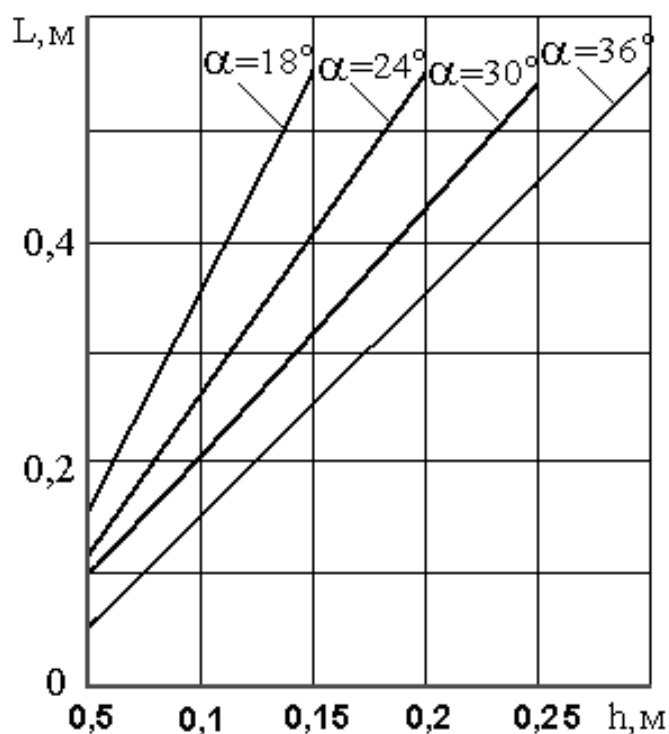


Рис. 2.4. Зависимость длины сколотого пласта почвы от глубины хода клина при различных углах крошения при допустимом напряжении на растяжение 5кПа

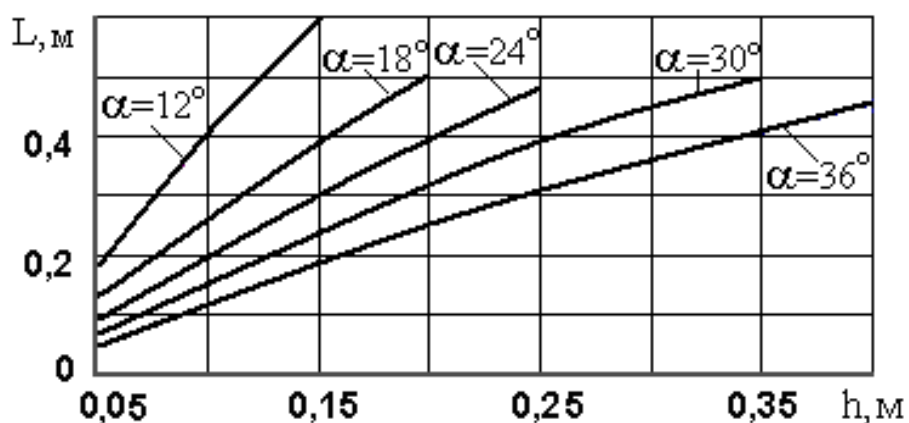


Рис. 2.5. Зависимость длины снятого пласта почвы от глубины хода клина при различных углах крошения при допустимом напряжении на растяжение 3,5 кПа

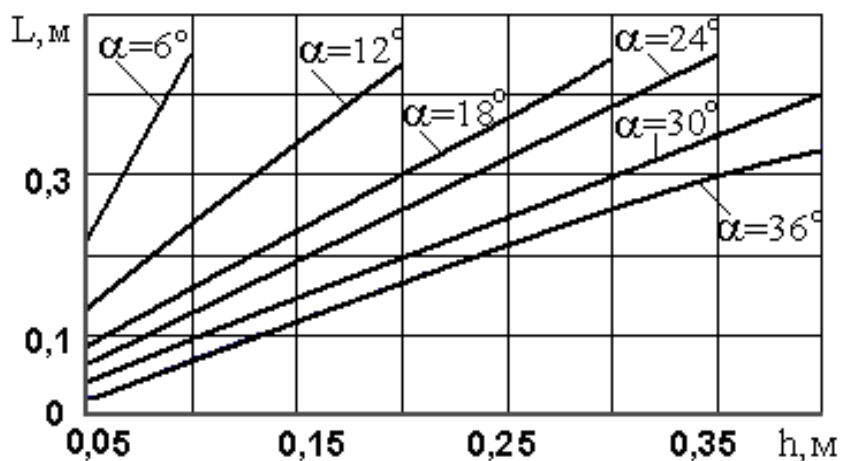


Рис. 2.6. Зависимость длины снятого пласта почвы от глубины хода клина при различных углах крошения при допустимом напряжении на растяжение 2 кПа

Из графиков видно, что с увеличением глубины хода клина и уменьшением угла крошения размер образованных комков возрастает, причем интенсивнее с увеличением прочностных свойств почвы на разрыв.

С целью снижения размеров комков при обработке почвы, и с увеличением ее глубины угол крошения почвы клином целесообразно увеличивать. На почвах с высокими прочностными свойствами на разрыв, клинья с углом крошения менее 18° целесообразно использовать для обработки почвы на глубину до 0,1 м, со средними – до 0,15 м и с низкими – до 0,24 м.

На рис. 2.7 и 2.8 показаны зависимости длины сколотого пласта почвы от глубины обработки почвы при различных углах крошения и разных допустимых значениях прочности почвы на сдвиг.

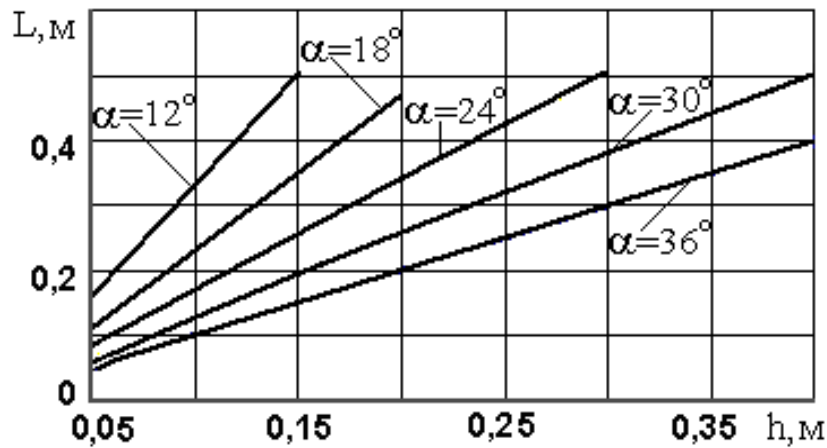


Рис. 2.7. Зависимость длины сколотого пласта почвы от глубины обработки почвы при различных углах крошения для допустимого касательного напряжения 10,5 кПа

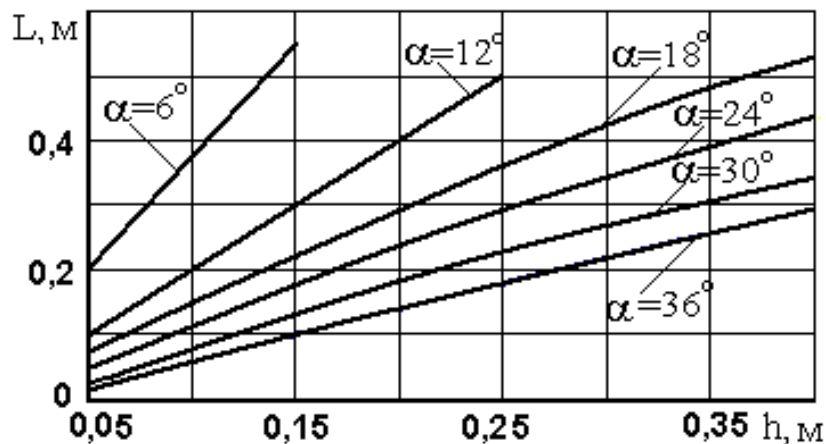


Рис. 2.8. Зависимость длины сколотого пласта почвы от глубины обработки почвы при различных углах крошения для допустимого касательного напряжения 6 кПа

Из рисунков видно, что характер влияния глубины хода клина и угла его крошения на длину сколотого пласта почвы такой же, как и при разрушении последнего путем разрыва.

Таким образом, с увеличением глубины хода клина нормальные и касательные напряжения в почве под его воздействием возрастают. Если допустимые нормальные напряжения в почве составляют не менее 2 кН/м^2 , то клинья с углами крошения до 12° при глубине

хода менее 0,13 м не обеспечивают создания в почве их предельных величин и скалывания пласта почвы.

Для обработки почвы с допустимым напряжением на разрыв 6 кН/м^2 при глубине обработки 0,15 м угол крошения должен превышать 24° , а при глубине 0,22 м – более 18° .

Для малосвязных почв с предельным допустимым касательным напряжением около 5 кН/м^2 процесс скалывания пласта почвы клином с малыми углами крошения 6° и 12° начинается при глубинах хода более 0,18 и 0,13 м соответственно. При обработке почв на 0,15 м с предельным допустимым значением 15 кН/м^2 граничных его величин достигают клином с углом крошения более 18° , а при глубине 0,22 м – более 12° .

На рис. 2.9 приведены зависимости длины сколотого пласта почвы при различных углах крошения для максимально допустимых значений $[\tau \pm f\sigma]$, равных 13,5 кПа. Характер влияния угла крошения и глубины хода клина на длину сколотого пласта такой же, как и под воздействием нормальных напряжений на разрыв и касательных напряжений на сдвиг.

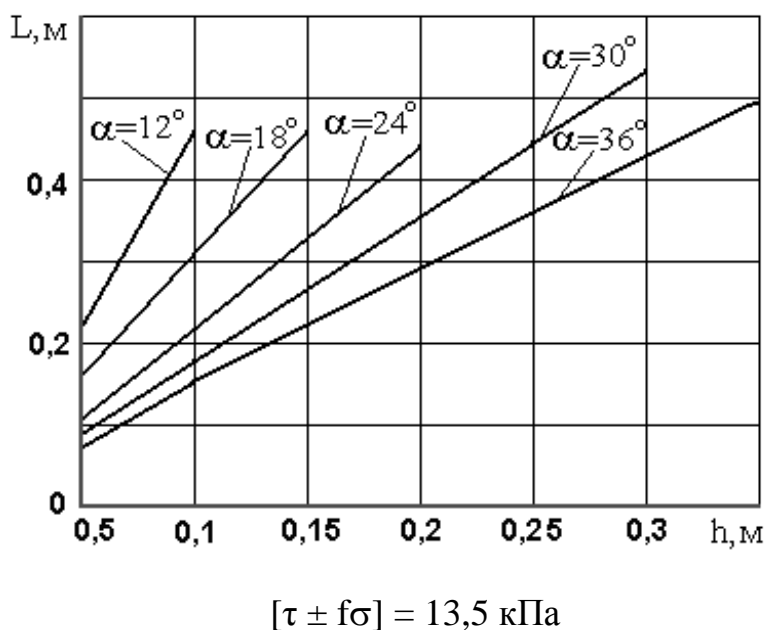


Рис. 2.9. Зависимость длины сколотого пласта почвы от глубины хода клина при различных углах его крошения для максимально допустимых значений

Качество крошения почвы, которое определяется размерами комков и глыб, образованных под действием почвообрабатывающих рабочих органов, зависит от пройденного ими пути до достижения в почве предельных напряжений. Увеличение пути прохода рабочих органов до начала процесса скалывания пласта почвы способствует образованию комков и глыб более крупных размеров. Исследования показали, что клин в зависимости от угла крошения, прочностных показателей почвы и глубины обработки может создавать в ней необходимые для скалывания напряжения в начальный момент движения после прохода пути рав-

ного 10 мм и более. Напряжения в почве возрастают с увеличением угла крошения и глубины обработки.

На почвах с высокими прочностными свойствами использовать плоскорежущие лапы с углом крошения менее 18° целесообразно для обработки почвы на глубину до 0,10 м, со средними – до 0,15 м и с низкими – до 0,24 м. В начальный момент движения клина напряжения сдвига по отношению к напряжениям на разрыв имеют более близкую величину к предельной. Поэтому на почвах малосвязных и при малых глубинах обработки почвы преобладающим видом деформации является сдвиг.

Процесс крошения почвы клином путём его отрыва или сдвига определяется физико-механическими свойствами почвы, углом крошения и глубиной обработки.

Выводы:

1. Проанализировав результаты исследований процесса крошения почвы под действием клина, приходим к выводу, что процесс разрушения пласта почвы при изгибе происходит на участках, на которых значение нормальных или касательных напряжений достигает предельно допустимого значения.

2. Исследования показали, что клин в зависимости от угла крошения, прочностных показателей почвы и глубины обработки может создать в ней необходимые для скалывания напряжения в начальный момент движения после прохода пути, равного 10 мм и более. Напряжения в почве возрастают с увеличением угла крошения и глубины обработки.

2.3. Механико-математическое моделирование динамики функционирования машин и исследование их на устойчивость движения

Для проверки объективности гипотезы, оценки его возможностей и эффективности широко используют моделирование сущности возникающих технических идей. Из возможного спектра моделирования мы рассмотрим основные аспекты математического моделирования. А так как работа соответствующих машин и агрегатов выполняется в условиях, изменяющихся во времени, то мы рассмотрим использование аппарата дифференциальных уравнений и имеющихся результатов соответствующих теоретических построений относительно исследования устойчивости решений дифференциальных уравнений. Так как процессы эксплуатации сельскохозяйственных машин и агрегатов всегда происходят при изменяющихся во времени условиях, то гарантии стабильности работы тесно связаны с вопросами устойчивости решений соответствующих дифференциальных уравнений или систем.

Основы использования аппарата дифференциальных уравнений при математическом моделировании процессов создания и эксплуатации сельскохозяйственных машин и агрегатов, как известно, были созданы в свое время академиком П.М. Василенко и развито его учениками.

Для моделирования процессов динамики сельскохозяйственных машин и агрегатов используют аппарат дифференциальных уравнений Лагранжа второго рода. В обобщенных координатах при использовании обобщенных сил согласно принципу Даламбера – Лагранжа динамические процессы моделируются системой дифференциальных уравнений второго порядка в обыкновенных производных, что обусловлено необходимостью учитывать обобщенные силы инерции в соответствующих обобщенных координатах.

При исследованиях вопросов устойчивости решения систем дифференциальных уравнений в обыкновенных производных соответствующий математический аппарат построен для систем приведенных дифференциальных уравнений первого порядка. Переход от систем дифференциальных уравнений, построенных согласно реализации метода Лагранжа, описания динамики исследуемой системы к приведенным системам первого порядка осуществляется сравнительно просто:

а) введением новых функций, механическое толкование которых иногда затруднительно, но это необходимо для аналитических преобразований;

б) разрешением каждого из полученных уравнений относительно соответствующей первой производной после введения новых функций.

Учитывая выше приведенную аргументацию, в дальнейшем при рассмотрении вопросов устойчивости решения дифференциальных уравнений динамики мы будем использовать представление соответствующих преобразованных уравнений в виде:

$$\frac{d\bar{y}}{dt} = \bar{f}(t, \bar{y}) \left[\frac{dy_j}{dt} = f_i(t, y_1, y_2 \dots y_n) \right]; \quad (2.25)$$

где: t – независимая переменная (время);

\bar{y} – n -мерный вектор, компоненты которого суть искомые функции;

\bar{f} – n -мерный вектор, компоненты которого обусловлены выбором обобщенной системы координат, учитываемыми обобщенными силами, дополнительно введенными функциями, использованными при преобразованиях системы уравнений Лагранжа для соответствующего механического процесса к системе (нормальных) приведенных дифференциальных уравнений.

Анализ сути и структуры возникающих в исследованиях реальных механических системах, используемых при моделировании динамики сельскохозяйственных машин и агрегатов, позволяет принять достаточные для практического применения предположения, что функции $f_j(t, y_1, y_2, \dots, y_n)$ являются непрерывными функциями своих аргументов и имеют непрерывные частные производные первого порядка по аргументам $(t, y_1, y_2, \dots, y_n)$ в области значений, отображающей реально значимые величины.

Анализируя адекватность построенной математической модели соответствующему динамическому процессу, необходимо учитывать следующие факторы:

1. Создавая математическую модель, всегда стремятся учитывать основные (с точки зрения исследования) факторы, определяющие ход физического или механического процесса.

2. Для принятых в построении математических моделей факторов необходимо ввести их количественную меру. Взаимосвязь и взаимодействия между используемыми в модели факторами представляют аналитически.

3. Используемые математические модели при исследовании динамики детерминированы, но реальные измерения используемых факторов всегда будут иметь случайный характер с той или иной закономерностью. Обычно величины размеров с высокой степенью точности соответствуют нормальному закону распределения.

4. При построении математической модели целесообразно учитывать принципиально различную для воплощения модели природу факторов. В дальнейшем, учитывая, что при построении математической модели, используемые факторы могут быть учтены только при наличии их количественной меры, будем называть их параметрами или переменными. Различие в использовании приведенных названий будет уточнено далее. В зависимости от аспектов исследования механической системы на уровне ее математической модели целесообразно группировать используемые параметры на множества параметров:

- а) состояния и управления;
- б) эндогенных и экзогенных.

Параметры, используемые для определения напряжений, деформаций, перемещений, частот, характеризующих процесс, образуют множество параметров состояния.

Параметры состояния: напряжения, деформации, перемещения, частоты и т.д.

Параметры управления для конкретной механической системы: скорость перемещения, регулирования тяг, регулирования высот установки определенных узлов агрегата и т. д.

При исследовании множества систем определенного класса параметрами управления можно считать конкретные размеры конкретных узлов.

Целесообразно учитывать, что некоторые характеристики – параметры, представляющие интерес при исследовании математических моделей определяются только на основании учета отображения физического состояния используемой системы. Такие параметры образуют множество эндогенных параметров, например, шаг при высеве, глубина обрабатываемого слоя грунта и т. д.

Отображения в математической модели характеристик обрабатываемой почвы, размеров семян и т. д. реализуется вне рассматриваемой математической модели и образует класс экзогенных параметров.

Необходимо отметить, что выше приведенная классификация параметров, используемых при построении математической модели до определенной степени условна, но ее целесообразно использовать для повышения четкости изложения материала.

При построении и использовании математической модели с определенной мерой условности просматриваются четыре этапа.

Первый этап – выбор факторов и качественное исследование взаимосвязей, определяющих ход процесса, ориентировочные качественные исследования работы проектируемой системы с целью выбора факторов, определяющих суть работы системы. Предварительно определения множеств параметров состояния и управления, эндогенных и экзогенных.

Второй этап – построение математической модели, т. е. представление аналитических зависимостей, описывающих состояния исследуемой системы, определения границ изменения выбранных параметров, формулирования в аналитических зависимостях условий, предъявляемых к проектируемой системе: глубина вспашки, ширина захвата и т. д., экономические и технологические условия.

Третий этап – решение сформулированной математической модели. Аналитическое решение, как правило, невозможно или даже при его наличии будет чрезвычайно громоздким, по этой причине широко используют хорошо апробированные численные методы интегрирования соответствующих систем дифференциальных уравнений (2.25). Но к решению таких систем, соответствующих задаче Коши (задаче с определенными начальными условиями), предъявляют нестандартные с точки зрения классической теории решения систем дифференциального уравнения вида (2.25) требования соблюдения определенных ограничений на результаты решения: ограничения на параметры состояния, ограничения, отображающие технологические требования и т. д. Названные условия с необходимостью требуют дополнений и изменений в реализации процедур стандартных математических методов интегрирования систем обыкновенных дифференциальных уравнений вида (2.25) (общего вида).

Четвертый этап – экспертные оценки результатов решения построенной математической модели исследования динамической задачи. Результаты такой оценки:

1. При несостоятельных результатах анализируют создавшуюся ситуацию с целью определить причины:

– построенная математическая модель не адекватна предполагаемым результатам ввиду ее каких-либо принципиальных изъянов или логических ошибок в исходной информации.

Дальнейшую работу определяют результатами экспертной оценки.

2. Экспертная оценка подтверждает состоятельность математической модели, ее адекватность предполагаемой физической системе. В таком случае устраняют возможные недочеты (изъяны, упущения) и переходят к качественному анализу поведения исследуемой динамической системы с целью определения ее дееспособности.

Одним из главных требований обеспечения работоспособности создаваемой или реконструируемой физической системы является сохранение воплощаемых в нее целевых возможностей при условиях отклонений в определенных пределах условий эксплуатации системы с учетом того, что используются детерминированные математические модели, но в реально производимых системах все составляющие и их учитываемые физические свойства имеют случайный характер, быть может, с весьма незначительным диапазоном рассеивания. Отображения названных реальных условий нашло свое воплощение в построении соответствующего математического аппарата исследования свойств решений систем дифференциальных уравнений вида (2.25): теории устойчивости. Вопросам теории устойчивости решения систем дифференциальных уравнений, ее практическому применению в различных практических проблемах посвящена обширная литература.

В дальнейшем мы будем использовать терминологию и соответствующие теоретические результаты согласно.

Построение математических моделей динамических задач, возникающих с конструированием и модернизацией с.-х. техники приводят к исследованию решения систем дифференциальных уравнений вида (2.25). После построения математической модели определенного динамического процесса необходимо:

1. Определить аналитическую возможность воплощения модели. Так как при построении математической модели обобщенные силы, как правило, зависимы от времени, то в построенной математической модели в любой момент времени должен быть баланс сил (должно быть равновесие сил). Несоблюдение этого условия исключает целесообразность использования построенной математической модели. При использовании многочисленных методов анализа соответствующей математической модели нарушение условия баланса

обобщенных сил проявляется в том, что решения соответствующих дифференциальных уравнений быстро возрастают на конечных промежутках времени, что свидетельствует о неадекватности ММ реальному механическому процессу.

2. Если по предварительной экспертной оценке состоятельности построенной математической модели была признана целесообразность использования модели в дальнейших исследованиях, в том числе и обработке результатов экспериментальной проверки воплощенного в металл исследуемого агрегата (машины), то возникает необходимость определения работоспособности машины в изменяющихся в определенных пределах условий эксплуатации (например: агротехническое состояние почвы, изменения (колебания) скорости движения, степень регулируемости некоторых узлов агрегата (машины) и т. д.

Вопросам стабильности устойчивости, обеспечения, гарантии сохранения надежности соблюдения эксплуатационных возможностей математической модели посвящена теория устойчивости решения систем дифференциальных уравнений. Приведем кратко ее основные результаты применительно к исследованию математических моделей динамики с.-х. машин (агрегатов).

Начало исследований вопросов устойчивости решений систем дифференциального уравнения вида (2.25) было положено в работах Лагранжа. Фундаментальные исследования, определившие широкое использование аналитических результатов теории устойчивости, были выполнены А.М. Ляпуновым.

Согласно результатам соответствующих математических исследований задача Коши для системы (2.25) при указанных условиях всегда имеет единственное решение. При принятых предложениях относительно свойств правых частей системы (2.25) решение ее на любом конечном промежутке времени непрерывно. Следовательно, принцип устойчивости по Лагранжу сформулируем так:

система (2.25) устойчива, если:

– каждое решение (2.25), отвечающее определенным начальным условиям согласно требований задачи Коши, существует на любом конечном промежутке времени (неограниченно продолжим O вправо);

– решение задачи Коши ограничено при условии $t \rightarrow \infty$.

Устойчивость решения (2.25) по Лагранжу дает основания утверждать, что исследуемая математическая модель при ее адекватности физической (механической) системе предоставляет дееспособность системе. Принцип Лагранжа дает возможность проверять устойчивость работы механической (физической) системы при вариации свойств параметров ее составляющих элементов: интенсивность натяжения пружин (если имеются таковые), регулирования величины тяг, регулирования глубины обработки почвы при определенных тех-

нологических операциях и т. д. По нашему убеждению (анализу имеющихся публикаций) принцип Лагранжа применительно к вариантному проектированию с.-х. машин определенного технологического назначения не нашел еще должного применения при разработке новой техники и модернизации имеющейся, при решении проблемы выбора вариантов воплощения системы одного и того же целевого предназначения. При несоблюдении принципа Лагранжа использование механической системы нецелесообразно (абсурдно) (соответствующая механическая система не будет дееспособной (функционировать)). В такой ситуации или необходимы изменения величин физического воплощения системы или изменения самой системы. При использовании многочисленных методов для исследования свойств решения (2.25) нарушение принципа Лагранжа порождает рост абсолютных значений решения с течением времени, величины значений достигают пределов значений, не имеющих реального содержания.

Необходимость выполнения (конструирования) сельскохозяйственных машин с высококачественными технологиями, требования к скоростным параметрам предполагают жесткие условия качественного воплощения технологических процессов, их стабильное протекание при условии естественных флуктуаций в процессе эксплуатации. Вопросам высококачественного анализа решений систем вида (2.25) посвящены, выполненные в конце 19-го столетия работы А.М. Ляпунова. Значимость этих работ подтверждается исследованиями других ученых в широком диапазоне технических приложений практического использования результатов А.М. Ляпунова. Применительно к исследованиям задач машиностроения посвящены работы В.М. Булгакова. В математической литературе в настоящее время необходимые и достаточные условия принципа Лагранжа сформулированы с использованием математического аппарата теории А.М. Ляпунова.

Значимость теории устойчивости движения подтверждена большим количеством работ и широким спектром ее приложения в решении многих теоретических и практических вопросов исследования. В настоящее время теория устойчивости по Ляпунову является общепризнанной, и её продолжают интенсивно разрабатывать с учетом специфики применения в различных областях науки и техники и отображения глубины изучения высокотехнологических процессов. Избегая строгости изложения теории устойчивости, свойственной соответствующим математическим работам, мы сочли необходимым, используя соответствующие понятия, дать им определенную физическую трактовку, обусловленную практическим применением.

Как ранее было отмечено, основные понятия и вопросы теории устойчивости соотносятся с решением задачи Коши для системы дифференциального уравнения вида (2.25) при учете соответствующих ограничений на величины тех параметров физической системы, ко-

торые нашли свое воплощение при построении соответствующей математической модели. Суть задачи Коши: найти зависимое от времени решение системы вида (2.25), удовлетворяющее определенным начальным условиям. При этом учитываются величины всех физических параметров, определяющих воплощение исследуемой механической системы в образе ее математической модели. Естественно необходимы гарантии адекватности реальной физической системы и ее математической модели на множестве исследуемых свойств: прочность, ход технологического процесса, вариации изменения технологических параметров и т.д. Как доказано в теории решения систем дифференциального уравнения вида (2.25), решения задачи Коши при названных аналитических свойствах правых частей дифференциального уравнения имеет единственное решение. При этом решение мы интерпретируем как некоторую вектор-функцию $\bar{\eta}(t_1, t_0, y_1^0, y_2^0, \dots, y_n^0)$, компоненты которой есть функции, зависящие от времени, начального (некоторого) момента времени и значений величин функций, выбранных для математического моделирования процесса, в начальный момент времени $t = t_0$.

Анализируя результаты теоретических исследований математической теории устойчивости, есть основания утверждать, что все они сопоставляются некоторому решению задачи Коши для систем дифференциальных уравнений вида (2.25). При этом много работ посвящено специальным частным вопросам устойчивости, имеющим практическое значение:

- устойчивость по части переменных, использованных в построении соответствующей математической модели;
- устойчивость равновесных и стационарных движений;
- установления классов (классификация) устойчивых решений систем дифференциального уравнения вида (1);
- методы сравнения при исследовании проблем устойчивости;
- методы построения специальных функций А.М. Ляпунова для определенных классов дифференциальных уравнений вида (1).

Приведем основные математические понятия и результаты математической теории устойчивости и их применение при решении практических задач. Как доказано, для систем дифференциальных уравнений вида (1) при оговоренных условиях относительно свойств правых частей имеет место интегральная непрерывность. Если $\bar{\eta}(t) = (t_1, t_0, y_1^0, y_2^0, \dots, y_n^0)$, есть решение системы (2.25) для t из некоторого промежутка времени при некоторых начальных условиях, отвечающих определенному моменту времени t_0 , то любое решение $\bar{z}(t)$, расположенное в некоторый момент t из промежутка, где существует решение $\bar{\eta}(t)$, близко (в определенном смысле, в определенной мере) к нему будет

тоже близко к решению $\eta(t)$ для некоторого множества значений t из промежутка существования решения $\bar{\eta}(t)$. Т.е. решения, проходящее «близко» к другому решению в какой-то момент времени будут «близкими» к нему и в некоторой окрестности названного момента времени. Свойство интегральной непрерывности отображает свойства стабильности исследуемой математической модели, а если она адекватна соответствующей физической системе, то обеспечивает стабильность процессов в такой системе естественно в некоторых диапазонах величин, характеризующих процесс.

Исследования устойчивости решения систем дифференциальных уравнений вида (2.25) базируются на сравнении отличий возможных решений от некоторого рассматриваемого решения. (В основе исследований устойчивости решения систем дифференциальных уравнений вида (2.25) лежит сравнение отличий возможных решений от некоторого рассматриваемого решения). Необходимо подчеркнуть, что говоря понятия решения (2.25), их аналитического представления в каждом конкретном случае не рассматривается ибо, как правило, их нельзя представить. Требуемые свойства отсутствующих решений определяются на основании анализа особенностей правых частей дифференциальных уравнений вида (2.25), которые всегда должны быть так или иначе аналитически представимы.

Решение $\bar{\eta}(t)$ системы (2.25) называется устойчивым по А.М. Ляпунову при $t \rightarrow \infty$, если для любых $\varepsilon > 0$ и $t_0 \in (a, \infty)$ существует $\delta = \delta(\varepsilon, t_0)$, такое, что: (можно указать, определить $\delta(\varepsilon, t_0)$);

– все решения $y = y(t)$ системы (2.25) (включая решения $\eta(t)$) удовлетворяющие условию $\|y(t_0) - \eta(t_0)\| < \delta$ определены в промежутке $t_0 < t < \infty$;

– для таких решений справедливо неравенство $\|y(t) - \eta(t)\| < \varepsilon$ при $t_0 \leq t \leq \infty$, где запись $\|A\|$ отображает (свидетельствует о норме соответствующего оператора, являющейся обобщением понятия расстояния между объектами (функциями) в исследуемом функциональном пространстве.

Согласно этому определению устойчивости некоторого решения $\bar{\eta}(t)$ системы (1) задачи Коши у системы (2.25) должны быть решения с начальными условиями близкими к начальным условиям, породившим исследуемое решение $\bar{\eta}(t)$ и с течением времени такие решения остаются близкими к исследуемому. Естественно, что условие $t \rightarrow \infty$ есть отображение абстракции, но с точки зрения моделирования реального динамического процесса это

соответствует естественному требованию сохранения исследуемых динамических характеристик процесса в течение времени.

Решение $\bar{\eta}(t)$ называют неустойчивым по Ляпунову, если для некоторых $\varepsilon > 0$, $t_0 \in (a, \infty)$ и любого $\delta > 0$ существует хотя бы одно решение $y_\delta(t)$ и момент $t_1 = t_1(\delta)$ такие, что:

$$\|y_\delta(t_0) - \eta(t_0)\| < \delta \quad \text{и} \quad \|y_\delta(t_1) - \eta(t_1)\| \geq \varepsilon.$$

Таким образом, такое решение $\bar{\eta}(t)$ системы (2.25), для которого в столь угодно малой окрестности его значений $\bar{\eta}(t_0)$, соответствующих моменту (t_0) , существуют такие начальные значения компонент вектор-функции решения (2.25), сколь угодно мало отличающиеся от значений соответствующих компонент $\bar{\eta}(t)$, которые порождают решение $y_\delta(t)$, отклоняющееся от решения $\bar{\eta}(t)$ хотя бы в один момент t_1 . При этом необходимо учитывать, что при принятых предположениях о непрерывности и дифференцируемости правых частей системы (2.25), ее решения будут также непрерывны, т.е. будет существовать некоторая окрестность t_1 , для которой будет выполнимо условие $\|y_\delta(t) - \eta(t)\| \geq \varepsilon$.

Существенным для теоретических исследований теории устойчивости и ее практического применения является понятие асимптотической устойчивости. Решение $\eta(t)$ ($a < t < \infty$) называется асимптотически устойчивым при $t \rightarrow \infty$, если:

– это решение устойчиво по Ляпунову;

– для любого $t_0 \in (a; \infty)$ существует $\Delta = \Delta(t_0) > 0$, такое, что решения $y = y(t)$ ($t_0 \leq t < \infty$), удовлетворяющие условию $\|y(t_0) - \eta(t_0)\| < \Delta$, обладают свойством

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|y(t) - \eta(t)\| = 0.$$

Таким образом, асимптотическая устойчивость решения $\bar{\eta}(t)$ будет тогда, когда существует такая окрестность начальных значений компонент вектор-функции $\bar{\eta}(t)$, что все решения $\bar{y}(t)$ с начальными условиями из этой окрестности с течением времени сколько угодно мало будут отличаться от решения $\bar{\eta}(t)$. С физической точки зрения это означает, что все возможные отклонения в определенных пределах параметров спланированного технологического процесса с течением времени будут исчезать, ход процесса будет с течением времени стабилизироваться.

В теории устойчивости движения большое внимание уделено исследованиям устойчивости решения при учете постоянно действующих возмущениях, что позволяет моделировать более широкий круг технологических процессов. В общем случае соответствующая математическая модель представима системой дифференциального уравнения вида:

$$\frac{d\bar{z}}{dt} = f(t, \bar{z}) + \varphi(t, \bar{z}); \quad (2.26)$$

когда кроме условий, названных при рассмотрении системы (2.25), необходимо учитывать некоторые постоянно действующие зависящие от времени и обобщенных перемещений факторы, влияния которых моделируется известными функциями $\varphi(t, z)$, дифференцируемыми по своим переменным на некотором множестве их значений.

Решение $\bar{\eta}(t)$ системы (2.26) называется устойчивым при учёте постоянно действующих возмущениях, если для любых $\varepsilon > 0$ и $t_0 \in (a, \infty)$ существует $\delta = \delta(\varepsilon, t_0)$ такое, что при $\|\varphi(t, z)\| < \delta$ все решения $Z(t)$ системы, удовлетворяющие условию $\|Z(t_0)\| \leq \delta$, определены на промежутке (t_0, ∞) , причем $\|\bar{z}(t) - \bar{\eta}(t)\| \leq \varepsilon$ при $t_0 \leq t < \infty$.

Приведено доказательство очень важного для исследования устойчивости решения системы (2.25) свойства решений: если решение $\bar{\eta} = \bar{\eta}(t)$ ($a \leq t < \infty$) системы с непрерывной правой частью устойчиво для какого-либо фиксированного момента $t_0 \in (a, \infty)$, то оно будет устойчиво для произвольного момента $t'_0 \in (a, \infty)$. А так как при рассмотрении системы (2.26) правые части предполагаются непрерывными функциями своих аргументов, то выше названное свойство соответствует и системе (2.26).

Следовательно, при исследовании вопроса устойчивости решения систем (2.25) или (2.26) можно проверить устойчивость только для некоторого выбранного момента времени. Если решение $\bar{\eta}(t)$ ($a \leq t < \infty$) неустойчиво при некотором фиксированном моменте времени, то оно является неустойчивым для любого другого момента. Поэтому при построении математического аппарата исследований теории устойчивости рассматривают фиксированный начальный момент $t_0 \in (a \leq t < \infty)$.

Приведем кратко суть (основные идеи так названного в литературе второго или еще называемого прямого метода А.М. Ляпунова, который нашел широкое применение и в теоретических, и в практических исследованиях.

Рассматривается система дифференциальных уравнений вида (2.25) при нелинейной правой части и при условиях, ранее названных. Как уже отмечалось, для каждой точки t_0, \bar{y} ,

удовлетворяющей указанным ранее условиям, согласно результатам исследования таких систем выполняется локальная теорема существования и единственности решения $y = y(t, t_0, y_0(t_0))$ системы (2.25) с начальными условиями $y(t_0, y_0(t_0)) = y_0$.

Пусть $\bar{\eta} = \bar{\eta}(t)$ ($t_0 \leq t < \infty$) некоторое решение системы (1), в дальнейшем называемое невозмущенным, устойчивость которого необходимо исследовать при условии, что величины возможных возмущений ограничены.

Введем в рассмотрение новую вектор-функцию $\bar{x}(t)$, характеризующую с течением времени отклонения возмущенного решения $y = y(t)$ от исследуемого $\bar{\eta} = \bar{\eta}(t)$. Представив $\bar{y}(t) = \bar{\eta}(t) + \bar{x}(t)$, для определения вектор-функции $\bar{x}(t)$, получим систему:

$$\frac{dx}{dt} = f(t, x + \eta(t)) - f(t, \eta(t)). \quad (2.27)$$

При этом, очевидно что при $x = 0$, правая часть (2.27) будет тождественной нулю.

Следовательно, система (2.27) имеет тривиальное решение $\bar{x} = 0$. Таким образом, исследование устойчивости решения $\bar{\eta} = \bar{\eta}(t)$ приводится к исследованию устойчивости тривиального решения (положение равновесия) $x = 0$ в пространстве, определяющем возможные отклонения от исследуемого решения $\bar{\eta} = \bar{\eta}(t)$. Система (2.27) в литературе называется приведенной (по Ляпунову она называется системой уравнений возмущенного движения).

В условиях повышения рабочих скоростей движения агрегатов и ширины их захвата возрастают требования к параметрам машин, обеспечивающих улучшение устойчивости их движения, которое определяет качество выполнения технологического процесса, его энергоёмкость, надёжность и долговечность работы машинных систем в целом. Для решения таких задач П.М. Василенко разработал методику построения математических моделей динамики функционирования механических систем с использованием дифференциального уравнения Лагранжа второго рода. Построение соответствующих моделей осуществляется в следующей последовательности:

1. Составление принципиальной схемы машины, орудия или агрегата в целом, отображающей основные взаимосвязи между её составляющими.
2. Построение эквивалентной схемы машины, орудия или агрегата, на которой указываются центры масс твердых тел, оси приведенных моментов инерции вращающихся масс, векторы приведенных сил внешнего воздействия, моментов и скоростей.

3. Выбор неподвижной системы отсчёта и подвижных осей координат, неизменно связанных с твёрдыми телами системы.

4. Составление уравнений с голономными связями

$$f_a = f_a(X_i; Y_i; Z_i; \psi_i; Q_i; \varphi_i; t); \quad (2.28)$$

$$i = \overline{1, N_T};$$

где N_T – число твёрдых тел механической системы;

или с неголономными связями

$$f_g = f_g(X_i; Y_i; Z_i; \psi_i; Q_i; \varphi_i; \dot{X}_i; \dot{Y}_i; \dot{Z}_i; \dot{\psi}_i; \dot{Q}_i; \dot{\varphi}_i; t); \quad (2.29)$$

5. Составление аналитического выражения кинетической энергии и обобщенных сил:

$$T = \sum_{s=1}^{N_T} T_s(X_i; Y_i; Z_i; \psi_i; Q_i; \varphi_i; \dot{X}_i; \dot{Y}_i; \dot{Z}_i; \dot{\psi}_i; \dot{Q}_i; \dot{\varphi}_i); \quad (2.30)$$

$$Q_i = \sum_{k=1}^K Q(X_k; Y_k; Z_k; \psi_k; Q_k; \varphi_k; \dot{X}_k; \dot{Y}_k; \dot{Z}_k; \dot{\psi}_k; \dot{Q}_k; \dot{\varphi}_k; t); \quad (2.31)$$

где K – количество обобщенных сил.

Причем, составляющие обобщенной силы представляются как выражения суммы трёх сил:

$$Q_i = Q_i - \frac{\partial U}{\partial q_i} + \frac{\partial R}{\partial \dot{q}_i}; \quad (2.32)$$

где Q_i – обобщенная сила, не содержащая производных от потенциальной энергии;

U – потенциальная энергия;

$$U = U(X_i; Y_i; Z_i; \psi_i; Q_i; \varphi_i);$$

R – диссипативная функция;

$$R = R(X_i; Y_i; Z_i; \psi_i; Q_i; \varphi_i; \dot{X}_i; \dot{Y}_i; \dot{Z}_i; \dot{\psi}_i; \dot{Q}_i; \dot{\varphi}_i).$$

6. Составление дифференциальных уравнений, описывающих динамику функционирования системы твёрдых тел:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} - \frac{\partial T}{\partial q_j} = Q_{qj}; \quad (2.33)$$

$$i = \overline{1, N_C};$$

где N_C – число степеней свободы системы;

q_i – обобщенная координата.

С учётом уравнений (2.28)...(2.32) система уравнений (2.33), которая при решении задач земледельческой механики, как правило, разрешима относительно вторых производных, по времени от обобщенных координат запишется:

$$\ddot{q}_j = q_j(q_j; \dot{q}_j; Q_{qj}; t). \quad (2.34)$$

Практика решения таких систем дифференциальных уравнений в задачах земледельческой механики показала, что они в основном могут быть решены только численными методами и получить аналитическое решение возможно крайне редко. Это объясняется тем, что в задачах земледельческой механики решается, как правило, обратная задача теоретической механики, когда задаются силы, действующие на механическую систему, а определяется закон её движения. При этом значение сил в дифференциальной системе уравнений (2.34) должны быть заданы таким образом, чтобы в любой момент движения механической системы они находились в равновесии. Для решения системы дифференциальных уравнений важно, чтобы в начальных условиях все силы, действующие на механическую систему, были в равновесии. Несоблюдение вышеуказанного условия не позволяет решить систему дифференциальных уравнений. В таком случае число сил $Q_{q(k-j)}$, равное разнице между числом действующих сил K и числом, равном степени свободы механической системы j , необходимо задать, а число сил Q_j , равное j – определить из системы уравнений (2.31):

$$\ddot{q}_{jo} = q_{jo}(q_{jo}; \dot{q}_{jo}; Q_{qj}; Q_{q(k-j)}; t_o); \quad (2.35)$$

где $\ddot{q}_{jo}; q_{jo}; \dot{q}_{jo}; t_o$ – параметры системы в начальных условиях.

Число неизвестных сил Q_j и число алгебраических уравнений равны, что позволяет найти искомые силы, значение которых обеспечивает условия равновесия сил в начальный момент движения системы, то есть создают необходимые условия для решения системы дифференциальных уравнений (2.34).

В результате решения системы дифференциальных уравнений получают зависимости изменения обобщённых координат во времени при различных параметрах механических сис-

тем и заданных значениях факторов внешнего воздействия на систему или закономерности их изменения во времени или пространстве. Вместе с тем, процессы, которые проходят в машинно-тракторных агрегатах при взаимодействии с внешней средой, имеют сложный вероятностный характер и не являются стационарными. Поэтому результаты решения системы дифференциальных уравнений (2.34) не всегда могут удовлетворять в необходимой степени адекватности реальным условиям.

При построении математических моделей функционирования механической системы не представляется возможным учесть все без исключения воздействия на уровень их влияния. В полевых условиях наиболее вероятный характер внешнего воздействия на машинные агрегаты являются постоянно повторяющиеся дискретные скачки. Для изучения степени такого влияния на динамические системы проводят исследования на устойчивость её движения, которая характеризует способность механических систем копировать заданную траекторию движения. Необходимые и достаточные условия устойчивого движения установлены А.М. Ляпуновым. По А.М. Ляпунову система называется устойчивой, если при отклонении действий внешних сил на неё или начальные условия изменяются в определенных пределах, а изменения движения системы будут незначительными. А.В. Рославцев дал определение устойчивости движения машинно-тракторного агрегата, под которым понимают способность его обеспечивать с течением времени малые отклонения возмущённого движения от невозмущённого без вмешательства действий механизатора с помощью систем управления. С учётом того, что величина возмущающих усилий, воздействующих на сельскохозяйственные машины и орудия в сравнении с массой энергосредства малы и наличием в агрегатах управляющих механизмов, то исследование дифференциальных уравнений целесообразно проводить на определение асимптотической устойчивости. Последняя определяет способность системы возвращаться до невозмущённого закона движения, мерой которой может служить время или путь, необходимые для восстановления закономерности движения системы.

Практика моделирования динамических систем в земледельческой механике показывает, что получить общие и частные решения дифференциальных уравнений либо систем уравнений, как правило, невозможно. Поэтому для решения таких задач на устойчивость целесообразно использовать второй метод Ляпунова, который предусматривает построение функций возмущённого движения.

Для снижения порядка у систем дифференциальных уравнений (2.34) обозначим

$$\dot{q}_j = \omega. \text{ Тогда получим}$$

$$\begin{cases} \dot{q}_j = \omega \\ \dot{\omega} = q_i(q_i; \omega; Q_{qi}; t). \end{cases} \quad (2.36)$$

В связи с тем, что в результате воздействий внешней среды на механические системы они не теряют своих связей и не приводят к изменению их, то дифференциальные уравнения, описывающие невозмущённое и возмущённое движения, аналитически тождественны. Тогда уравнения возмущённого движения механической системы будут иметь вид:

$$\dot{q}_i + \dot{\delta}_i = \omega + \beta$$

или

$$\begin{cases} \dot{\delta}_i = \beta \\ \dot{\omega} + \dot{\beta} = q_i(q_i + \delta; \omega + \beta; Q_{qi}; t) \end{cases} ; \quad (2.37)$$

где $\dot{\delta}_i$ – прирост обобщенной координаты в результате действия на систему возмущения;

β – прирост скорости обобщенной координаты в результате действия на систему возмущения.

Раскладываем систему уравнений (2.37) в ряд Тейлора с точностью до первого порядка малости:

$$\dot{\omega} + \dot{\beta} = q_i(q_i; \omega; Q_{qi}; t) + q'_{iq_i}(q_i; \omega; Q_{qi}; t)\delta + q'_{i\omega}(q_i; \omega; Q_{qi}; t)\beta. \quad (2.38)$$

Разница между искомыми уравнений возмущенного и невозмущенного движения механической системы и определит систему дифференциальных уравнений возмущений:

$$\begin{cases} \dot{\delta}_i = \beta \\ \dot{\beta} = q'_{iq_i}(q_i; \omega; Q_{qi}; t)\delta + q'_{i\omega}(q_i; \omega; Q_{qi}; t)\beta. \end{cases} \quad (2.39)$$

Степень асимптотической устойчивости системы определяется величиной времени, необходимого для возвращения её до невозмущённого движения или близкому к нему. Для этого решаются совместно системы дифференциальных уравнений невозмущённого движения системы (2.34) и возмущения (2.39). Из первой системы дифференциальных уравнений в заданное время t_a находят значение обобщенной координаты q_i и скорость её изменения $\dot{q}_j = \omega$. Полученные данные используют для решения системы уравнений (2.39), характеризующей интенсивность возмущений с течением времени.

2.4. Исследование комбинированной почвообрабатывающей машины на устойчивость её движения

Анализ работы комбинированной машины показывает, что основная часть энергии, более 50 %, при её работе расходуется на перемещение чизельных рабочих органов. Это объясняется тем, что рабочие органы чизеля воздействуют на необработанную плотную почву на глубину более 16 см. Плоскорежущие лапы и диски обрабатывают почву на глубину заделки семян не более 6 см. В задачу плоскорежущих лап и дисков входит создание в почве ложа для семян и крошение семенного слоя почвы до мелкокомковатого состояния. В задачу чизельных рабочих органов входит разуплотнение нижних слоёв почвы с целью улучшения условий для накопления в ней влаги и воздуха, развития корневой системы растений, а также обеспечения требуемой заглубляемости в почву плоскорежущих и дисковых рабочих органов. Исследованиями Я.С. Гукова установлено, что для создания в почве требуемых условий нет необходимости обрабатывать весь почвенный подсеменной слой по всей ширине захвата. Для этого достаточно использовать локальное рыхление почвы по ширине захвата машины и тем самым существенно снизить расход энергии на её работу. В связи с чем и возникла необходимость проведения исследований по обоснованию параметров технологического процесса и рабочих органов комбинированной машины.

Суть предлагаемых изменений заключается в том, что жесткая рама серийной машины заменена на две шарнирно соединенных составляющих. Первая часть рамы, на которой жестко крепятся чизельные и плоскорежущие дисковые рабочие органы. Вторая составляющая рамы необходима для крепления дисковой батареи. Составляющие рамы связаны между собой шарнирно.

Расчеты и условия построения математической модели функционирования этой конструкции идентичны рассмотренной в первом разделе серийной машины.

Исходя из систем уравнений (2.40) и (2.41) запишем систему дифференциальных уравнений динамики движения предложенной конструкции машины:

$$\begin{aligned} & \ddot{\varphi}_1 [M_{c1} (X_{1c1}^2 + Z_{1c1}^2) + M_{c2} (X_{1c2}^2 + Z_{1c2}^2) + I_{oc1}] + \\ & + l_2 M_{c2} (X_{1c2} \sin \varphi_1 + Z_{1c2} \cos \varphi_1) \cdot \left[\ddot{\varphi}_2 \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2) - \left(\dot{\varphi}_2 \right)^2 \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2) \right] = \\ & = -P_{x1} Z_{1a1} + P_{z1} X_{1a1} - P_{x2} Z_{1a2} + P_{z2} X_{1a2} - P_{x5} Z_{1a5} - P_{z5} X_{1a5} + M_{c1} g \times \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \times (X_{1c1} \cos \varphi_1 - Z_{1c1} \sin \varphi_1) - P_{c2} \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2) X_{1c2} - P_{c2} Z_{1c2} \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2) - \\
& - K_{\partial uc1} \dot{\varphi}_1 (X_{1c1} \cos \varphi_1 - Z_{1c1} \sin \varphi_1);
\end{aligned} \tag{2.40}$$

$$\begin{aligned}
& l_2 M_{c2} \{ \ddot{\varphi}_1 [(-X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) \cdot \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2) + (-X_{1c2} \cos \varphi_1 - Z_{1c2} \sin \varphi_1) \sin \times \\
& \times (\varphi_{c2} - \varphi_2)] + \left(\dot{\varphi}_1 \right)^2 [(-X_{1c2} \cos \varphi_1 + Z_{1c2} \sin \varphi_1) \cdot \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2) + (X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1)] \times \\
& \times \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2) \} + \ddot{\varphi}_2 (M_{c2} l_{c2} + I_{0c2}) = -P_{x7} l_{a7} \cos(\varphi_{a7} - \varphi_2) - \\
& - P_{z7} l_{a7} \sin(\varphi_{a7} - \varphi_2) - P_{x8} l_{a8} \cos(\varphi_{a8} - \varphi_2) - P_{z8} l_{a8} \sin(\varphi_{a8} - \varphi_2) + \\
& + M_{c2} g l_{c2} \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2) - K_{\partial uc2} \dot{\varphi}_2 l_{c2} \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2);
\end{aligned} \tag{2.41}$$

С целью упрощения последующих преобразований дифференциальных уравнений (2.40) и (2.41) вводим в них обозначения и получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned}
\ddot{\varphi}_1 B_1 + \ddot{\varphi}_2 B_2 \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) - \dot{\varphi}_2^2 B_2 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) &= Q_{\varphi_1}; \\
\ddot{\varphi}_1 B_3 + \dot{\varphi}_1 B_4 + \ddot{\varphi}_2 B_5 &= Q_{\varphi_2};
\end{aligned} \tag{2.42}$$

где $B_1 = M_{c1} (X_{1c1}^2 + Z_{1c1}^2) + M_{c2} (X_{1c1}^2 + Z_{1c1}^2) + I_{oc1}$;

$$B_2 = l_2 M_{c2} (X_{1c1} \sin \varphi_1 + Z_{1c2} \cos \varphi_1);$$

$$\begin{aligned}
B_3 &= l_2 M_{c2} [(-X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) + \\
& + (-X_{1c2} \cos \varphi_1 - Z_{1c2} \sin \varphi_1) \sin(\varphi_{02} - \varphi_2)];
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
B_4 &= l_2 M_{c2} [(-X_{1c2} \cos \varphi_1 + Z_{1c2} \sin \varphi_1) \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) + \\
& + (X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) \sin(\varphi_{02} - \varphi_2)];
\end{aligned}$$

$$B_5 = M_{c2}l_2 + I_{oc2} .$$

После преобразования системы дифференциальных уравнений (2.42) получим:

$$\begin{aligned} \ddot{\varphi}_1 &= \frac{1}{B_3} (Q_{\varphi 2} - \dot{\varphi}_1^2 B_4 - B_7 B_5) ; \\ \ddot{\varphi}_2 &= \frac{1}{B_6} [Q_{\varphi 1} B_3 - Q_{\varphi 2} B_1 + \dot{\varphi}_1^2 (B_4 B_1 + B_2 B_3 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2))] ; \end{aligned} \quad (2.43)$$

где $B_6 = B_2 B_3 \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) - B_5 B_1$;

$$B_7 = \frac{1}{B_6} [Q_{\varphi 1} B_3 - Q_{\varphi 2} B_1 + \dot{\varphi}_1^2 (B_4 B_1 + B_2 B_3 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2))] .$$

Для понижения порядка дифференциальных уравнений введём обозначения $\dot{\varphi}_1 = \omega_1$;
 $\dot{\varphi}_2 = \omega_2$.

Тогда система дифференциальных уравнений (2.44) запишется:

$$\begin{aligned} \dot{\omega}_1 &= \frac{1}{B_3} (Q_{\varphi 2} + \omega_1^2 B_4 - B_7 B_5) ; \\ \omega_1 &= \dot{\varphi}_1 ; \\ \dot{\omega}_2 &= \frac{1}{B_6} [Q_{\varphi 1} B_3 - Q_{\varphi 2} B_1 + \omega_1^2 (B_4 B_1 + B_2 B_3 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2))] ; \\ \omega_2 &= \dot{\varphi}_2 ; \\ B_7 &= \omega_2 . \end{aligned} \quad (2.44)$$

В связи с тем, что в данном случае системы дифференциальных уравнений невозмущенного и возмущенного движений являются, аналитически тождественны, то переменные последнего будут иметь вид:

$$\varphi_1 = \varphi_1 + \delta_1 ; \quad \varphi_2 = \varphi_2 + \delta_2 ; \quad \omega_1 = \omega_1 + \beta_1 ; \quad \omega_2 = \omega_2 + \beta_2 ;$$

где δ_1 ; δ_2 – приращение возмущенной обобщенной координаты соответственно первого и второго дифференциальных уравнений;

β_1 ; β_2 – приращение скорости возмущения обобщенной координаты соответственно первого и второго дифференциальных уравнений.

Тогда система дифференциальных уравнений возмущенного движения запишется:

$$\dot{\omega}_1 + \dot{\beta}_1 = \frac{1}{B_{36}} \left(Q_{\varphi 2B} + \omega_1^2 B_{4B} - B_{7B} B_5 \right);$$

$$\omega_1 + \beta_1 = \dot{\varphi}_1 + \delta_1;$$

$$\dot{\omega}_2 + \dot{\beta}_2 = \frac{1}{B_{66}} \left[Q_{\varphi 1B} B_{3B} - Q_{\varphi 2B} B_{1B} + \omega_1^2 (B_{4B} B_{1B} + B_{2B} B_{3B} \sin[\varphi_{02} - (\varphi_2 + \delta_2)]) \right];$$

(2.45)

где $\beta_{1B} \dots B_{4B}; B_{6B}; B_{7B}$ – составляющие дифференциальных уравнений возмущенного движения;

$Q_{\varphi 1B}; Q_{\varphi 2B}$ – обобщенные силы возмущенного движения.

После разложения уравнений (2.45) возмущенного движения в ряд Тейлора с точностью первого порядка и нахождения разницы между последними и уравнениями невозмущенного движения получаем систему дифференциальных уравнений возмущения:

$$\begin{aligned} \dot{\beta}_1 = & \frac{1}{B_3^2} \left[B_3 \left(\omega_1^2 \frac{\partial B_4}{\partial \varphi_1} - \beta_5 \frac{\partial B_7}{\partial \varphi_1} \right) - \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_1} (Q_{\varphi 2} + \omega_1^2 B_4 - \beta_7 \beta_5) \right] \delta_1 + \frac{1}{B_3^2} \times \\ & \times \left[B_3 \left(\frac{\partial Q_{\varphi 2}}{\partial \varphi_2} + \omega_1^2 \frac{\partial B_4}{\partial \varphi_2} - B_5 \frac{\partial B_7}{\partial \varphi_2} \right) - \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_2} (Q_{\varphi 2} + \omega_1^2 B_4 - B_7 B_5) \right] \delta_2 + \\ & + \frac{1}{B_3} \left(2\omega_1 B_4 - B_5 \frac{\partial B_7}{\partial \omega_1} \right) \beta_1 + \frac{1}{B_3} \left(\frac{\partial Q_{\varphi 2}}{\partial \omega_2} - B_5 \frac{\partial B_7}{\partial \omega_2} \right) \beta_2; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\dot{\beta}_2 = & \frac{1}{B_6^2} \left\{ \frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_2} B_3 + Q_{\varphi_1} \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_2} - \frac{\partial Q_{\varphi_2}}{\partial \varphi_2} B_1 + \omega_1^2 \left(B_1 \frac{\partial B_4}{\partial \varphi_2} + \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_2} \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) - B_3 \times \right. \right. \\
& \times \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) \left. \left. - \frac{\partial B_6}{\partial \varphi_2} \left[Q_{\varphi_1} B_3 - Q_{\varphi_2} B_1 + \omega_1^2 (B_4 B_1 + B_2 B_3 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2)) \right] \right\} \delta_2 + \\
& + \frac{1}{B_6^2} \left\{ \frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_1} B_3 + Q_{\varphi_1} \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_1} + \omega_1^2 \left[\frac{\partial B_4}{\partial \varphi_1} B_1 + \frac{\partial B_2}{\partial \varphi_1} B_3 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) + B_2 \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_1} \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) \right] - \right. \\
& \left. - \frac{\partial B_6}{\partial \varphi_1} \left[Q_{\varphi_1} B_3 - Q_{\varphi_2} B_1 + \omega_1^2 (B_4 B_1 + B_2 B_3 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2)) \right] \right\} \delta_1 + \\
& + \frac{1}{B_6} \left[\frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \omega_1} B_3 + 2\omega_1 (B_4 B_1 + B_2 B_3 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2)) \right] \beta_1 + \frac{1}{B_6} \left[-\frac{\partial Q_{\varphi_2}}{\partial \omega_2} B_1 \right] \beta_2;
\end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}
\frac{\partial B_4}{\partial \varphi_1} = & l_2 M_{c2} [(X_{1c2} \sin \varphi_1 + Z_{1c2} \cos \varphi_1) \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) + \\
& + (X_{1c2} \cos \varphi_1 + Z_{1c2} \sin \varphi_1) \sin(\varphi_{02} - \varphi_2)];
\end{aligned} \tag{2.46}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial B_7}{\partial \varphi_1} = & \frac{1}{B_6} \left[\frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_1} B_3 + Q_{\varphi_1} \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_1} + \dot{\varphi}_1^2 \left(B_1 \frac{\partial B_4}{\partial \varphi_1} + \frac{\partial B_2}{\partial \varphi_1} B_3 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) \right) + \right. \\
& \left. + \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_1} B_2 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) \right];
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial B_3}{\partial \varphi_1} = & l_2 M_{c2} [(-X_{1c2} \cos \varphi_1 + Z_{1c2} \sin \varphi_1) \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) + \\
& + (X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) \sin(\varphi_{02} - \varphi_2)];
\end{aligned}$$

$$\frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_1} = (-X_{1c1} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1)(M_{c1}g - K_{duc1}\omega_1);$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_2} &= l_2 M_{c2} [(-X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) + \\ &+ (X_{1c2} \cos \varphi_1 + Z_{1c2} \sin \varphi_1) \cos(\varphi_{02} - \varphi_2)]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial B_4}{\partial \varphi_2} &= l_2 M_{c2} [(-X_{1c2} \cos \varphi_1 + Z_{1c2} \sin \varphi_1) \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) - \\ &- (X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) \cos(\varphi_{02} - \varphi_2)]; \end{aligned}$$

$$\frac{\partial B_6}{\partial \varphi_2} = \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_2} B_2 \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) + B_3 B_2 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2);$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial B_7}{\partial \varphi_2} &= \frac{1}{B_6^2} \left\{ \left[B_3 \frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_2} + Q_{\varphi_1} \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_2} - B_1 \frac{Q_{\varphi_2}}{\partial \varphi_2} + \omega_1^2 \left(B_1 \frac{\partial B_4}{\partial \varphi_2} + B_2 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) \times \right. \right. \right. \\ &\times \left. \left. \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_2} - B_2 B_3 \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) \right) \right] B_6 - [Q_{\varphi_1} B_3 - Q_{\varphi_2} B_1 + \omega_1^2 \times \\ &\times (B_4 B_1 + B_2 B_3) \sin(\varphi_{02} - \varphi_2)] \frac{\partial B_6}{\partial \varphi_2}; \end{aligned}$$

$$\frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_1} = -K_{duc1} (X_{1c1} \cos \varphi_1 - Z_{1c1} \sin \varphi_1);$$

$$\frac{\partial Q_{\varphi_2}}{\partial \varphi_2} = -K_{duc2} l_{c2} \sin(\varphi_{02} - \varphi_2);$$

$$\frac{\partial B_7}{\partial \omega_1} = \frac{1}{B_6} B_3 \frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \omega_1};$$

$$\frac{\partial B_7}{\partial \omega_2} = -\frac{1}{B_6} B_1 \frac{\partial Q_{\varphi_2}}{\partial \omega_2};$$

Систему дифференциальных уравнений решали численным методом с помощью персонального компьютера.

В результате решения уравнения (2.27) с учётом выражений (2.33) находим максимальное значение тягового сопротивления экспериментальной комбинированной машины, которое составил 30,2 кН (рис. 2.10), что в сравнении с серийной машиной меньше на 24 %.

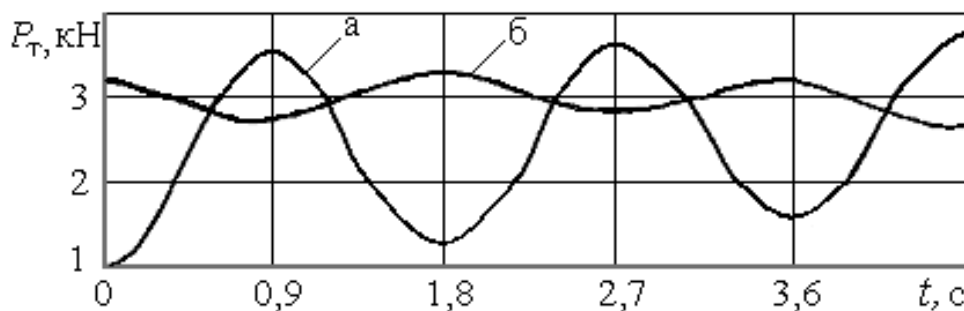


Рис. 2.10. Тяговое сопротивление комбинированной машины
а) серийной; б) экспериментальной

Системы дифференциальных уравнений движения комбинированной почвообрабатывающей машины (2.29) и уравнений возмущения (2.30) решали совместно. При этом угол возмущения δ принимали равным 3° . Характер изменения возмущения первой и второй системы твердых тел приведен на рис. 2.11.

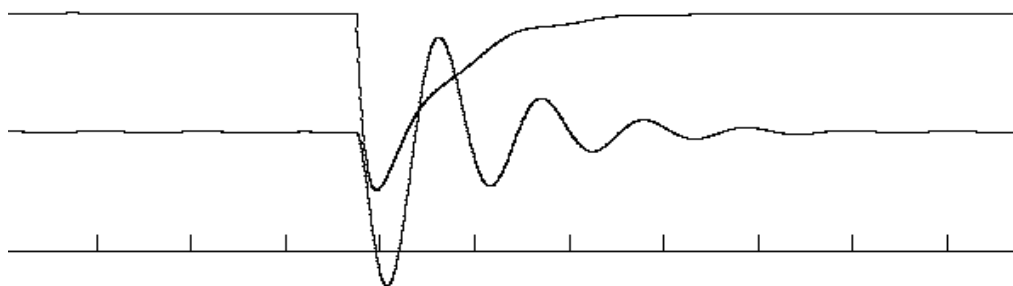


Рис. 2.11. Характер изменения возмущения систем твердых тел комбинированной почвообрабатывающей машины

На рис. 2.10 и 2.11 показаны зависимости пути возврата систем твердых тел от возмущенного к невозмущенному движению.

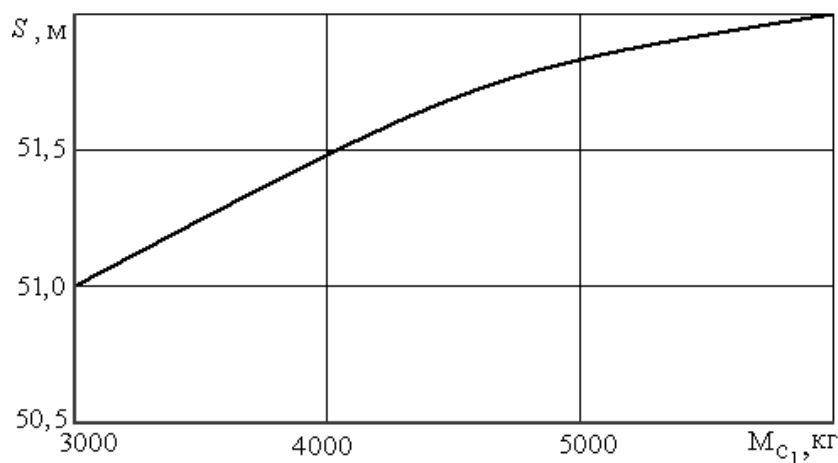


Рис. 2.12. Зависимость пути возврата рамы машины с рабочими органами от возмущенного к невозмущенному движению от массы

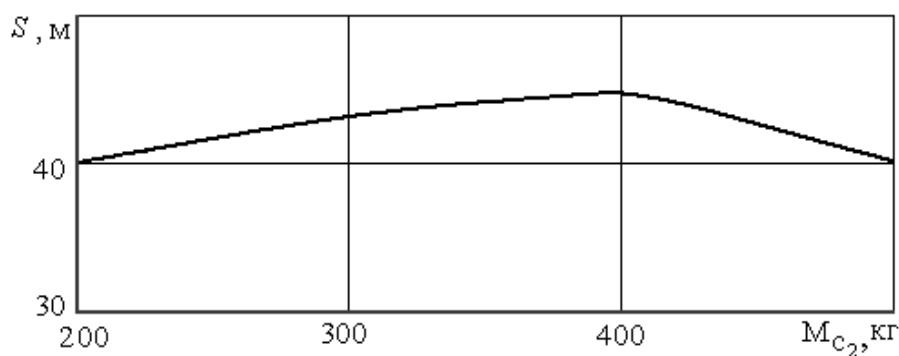


Рис. 2.13. Зависимость пути возврата второй пары дисков от возмущенного до невозмущенного движения от их массы

Анализ графиков показывает, что увеличение массы рамы с рабочими органами от 3000 кг и выше способствует ухудшению устойчивости их движения. Повышение массы второй пары дисков до 400 кг способствует также ухудшению устойчивости их движения.

На этапе подготовки почвы к севу нужны универсальные комбинированные машины, которые бы за один проход выполняли весь комплекс работ в соответствии с требованиями агротехники.

Исходя из систем уравнений запишем систему дифференциальных уравнений динамики движения предложение конструкции машины:

$$\begin{aligned}
& \ddot{\varphi} \left[M_{c1} (X_{1c1}^2 + Z_{1c1}^2) + M_{c2} (X_{1c2}^2 + Z_{1c2}^2) + I_{oc1} \right] +_2 M_{c2} (X_{1c2} \sin \varphi_1 + Z_{1c2} \cos \varphi_1) \times \\
& \times \left[\ddot{\varphi}_2 \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2) - (\varphi_2)^2 \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2) \right] = -P_{x1} Z_{1a1} + P_{z1} X_{1a1} - P_{x2} Z_{1a2} - P_{x5} Z_{1a5} - \\
& - P_{z5} X_{1a5} + M_{c1g} \times (X_{1c1} \cos \varphi_1 - Z_{1c1} \sin \varphi_1) - P_{c2} \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2) X_{1c2} - \\
& - P_{c2} Z_{1c2} \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2) - K_{duc1} \varphi_1 (X_{1c1} \cos \varphi_1 - Z_{1c1} \sin \varphi_1);
\end{aligned} \tag{2.47}$$

$$\begin{aligned}
& l_2 M_{c2} \{ \ddot{\varphi}_1 [(-X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) \cdot \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2) + (-X_{1c2} \cos \varphi_1 - Z_{1c2} \sin \varphi_1) \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2)] + \\
& + (\dot{\varphi}_1)^2 \cdot (-X_{1c2} \cos \varphi_1 + Z_{1c2} \sin \varphi_1) \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2) + (X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2) \} + \\
& + \ddot{\varphi}_2 (M_{c2} l_2 + I_{oc2}) = -P_{x7} l_{a7} \cos(\varphi_{a7} - \varphi_2) - P_{z7} l_{a7} \sin(\varphi_{a7} - \varphi_2) - P_{x8} l_{a8} \cos(\varphi_{a8} - \varphi_2) - P_{z8} l_{a8} \times \\
& \times \sin(\varphi_{a8} - \varphi_2) + M_{c2} g l_{c2} \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2) - K_{duc2} \varphi_2 l_{c2} \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2).
\end{aligned} \tag{2.48}$$

С целью упрощения последующих преобразований дифференциальных уравнений (2.47) и (2.48) вводим в них обозначения и получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned}
& \ddot{\varphi}_1 B_1 + \ddot{\varphi}_2 B_2 \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) - \varphi_2^2 B_2 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) = Q_{\varphi_1}; \\
& \ddot{\varphi}_1 B_3 + \varphi_1 B_4 + \ddot{\varphi}_2 B_5 = Q_{\varphi_2},
\end{aligned} \tag{2.25}$$

где

$$\begin{aligned}
B_1 &= M_{c1} (X_{1c1}^2 + Z_{1c1}^2) + M_{c2} (X_{1c2}^2 + Z_{1c2}^2) + I_{oc1}; \\
B_2 &= l_2 M_{c2} (X_{1c1} \sin \varphi_1 + Z_{1c2} \cos \varphi_1); \\
B_3 &= l_2 M_{c2} [(-X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) + \\
& + (-X_{1c2} \cos \varphi_1 - Z_{1c2} \sin \varphi_1) \sin(\varphi_{02} - \varphi_2)]; \\
B_4 &= l_2 M_{c2} \left[\begin{aligned} & (-X_{1c2} \cos \varphi_1 + Z_{1c2} \sin \varphi_1) \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) + \\ & + (X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) \end{aligned} \right]; \\
B_5 &= M_{c2} l_2 + I_{oc2}.
\end{aligned}$$

После преобразования системы дифференциальных уравнений (2.25) получим

$$\ddot{\varphi}_1 = \frac{1}{B_3} (Q_{\varphi_2} - \dot{\varphi}_1^2 B_4 - B_7 B_5);$$

$$\ddot{\varphi}_2 = \frac{1}{B_6} [Q_{\varphi_1} B_3 - Q_{\varphi_2} B_1 + \dot{\varphi}_1^2 (B_4 B_1 + B_2 B_3 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2))];$$
(2.26)

где

$$B_6 = B_2 B_3 \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) - B_5 B_1;$$

$$B_7 = \frac{1}{B_6} [Q_{\varphi_1} B_3 - Q_{\varphi_2} B_1 + \varphi_1^2 (B_4 B_1 + B_2 B_3 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2))]$$

Для понижения порядка дифференциальных уравнений введем обозначения $\dot{\varphi}_1 = \omega_1; \dot{\varphi}_2 = \omega_2$.

Тогда система дифференциальных уравнений (2.27) примет вид

$$\dot{\omega}_1 = \frac{1}{B_3} (Q_{\varphi_2} + \omega_1^2 B_4 - B_7 B_5);$$

$$\omega_1 = \dot{\varphi}_1;$$

$$\omega_2 = \frac{1}{B_6} [Q_{\varphi_1} B_3 - Q_{\varphi_2} B_1 + \omega_1^2 (B_4 B_1 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2))];$$
(2.27)

$$\omega_2 = \dot{\varphi}_2; B_7 = \omega_2.$$

В связи с тем, что в данном случае системы дифференциальных уравнений невозмущенного и возмущенного движений являются аналитически тождественными, то их переменные будут иметь вид

$$\varphi_1 = \varphi_1 + \delta_1; \varphi_2 = \varphi_2 + \delta_2; \omega_1 = \omega_1 + \beta_1; \omega_2 = \omega_2 + \beta_2.$$

где $\delta_1; \delta_2$ – приращение возмущенной обобщенной координаты соответственно первого и второго дифференциальных уравнений;

$\beta_1; \beta_2$ – приращение скорости возмущения обобщенной координаты соответственно первого и второго дифференциальных уравнений.

Тогда систему дифференциальных уравнений возмущенного движения можно привести к виду:

$$\begin{aligned}\dot{\omega}_1 + \dot{\beta}_1 &= \frac{1}{B_{36}} (Q_{\varphi 2B} + \omega_1^2 B_{4B} - B_{7B} B_5); \\ \omega_1 + \beta_1 &= \dot{\varphi}_1 + \delta_1; \\ \dot{\omega}_2 + \dot{\beta}_2 &= \frac{1}{B_{66}} \left[Q_{\varphi 1B} B_{3B} - Q_{\varphi 2B} B_{1B} + \omega_1^2 \times \right. \\ &\quad \left. \times (B_{4B} B_{1B} + B_{2B} B_{3B} \sin[\varphi_{02} - (\varphi_2 + \delta_2)]) \right]; \quad (2.28)\end{aligned}$$

где $B_{1B} \dots B_{4B}$; $B_{6B} \dots B_{7B}$ – составляющие дифференциальных уравнений возмущенного движения;

$Q_{\varphi 1B}$; $Q_{\varphi 2B}$ – обобщенные силы возмущенного движения.

После разложения уравнений (2.28) возмущенного движения в ряд Тейлора с точностью первого порядка и нахождения разницы между последними и уравнениями невозмущенного движения получаем систему дифференциальных уравнений возмущения:

$$\begin{aligned}\beta_1 &= \frac{1}{B_3^2} \left[B_3 \left(\omega_1^2 \frac{\partial B_4}{\partial \varphi_1} - \beta_5 \frac{\partial B_7}{\partial \varphi_1} \right) - \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_1} (Q_{\varphi 2} + \omega_1^2 B_4 - \beta_7 \beta_5) \right] \delta_1 + \frac{1}{B_3^2} \times \\ &\times \left[B_3 \left(\frac{\partial Q_{\varphi 2}}{\partial \varphi_2} + \omega_1^2 \frac{\partial B_4}{\partial \varphi_2} - B_5 \frac{\partial B_7}{\partial \varphi_2} \right) - \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_2} (Q_{\varphi 2} + \omega_1^2 B_4 - B_7 B_5) \right] \delta_2 + \\ &+ \frac{1}{B_3} \left(2\omega_1 B_4 - B_5 \frac{\partial B_7}{\partial \omega_1} \right) \beta_1 + \frac{1}{B_3} \left(\frac{\partial Q_{\varphi 2}}{\partial \omega_2} - B_5 \frac{\partial B_7}{\partial \omega_2} \right) \beta_2;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\dot{\beta}_2 = & \frac{1}{B_6^2} \left\{ \frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_2} B_3 + Q_{\varphi_1} \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_2} - \frac{\partial Q_{\varphi_2}}{\partial \varphi_2} B_1 + \omega_1^2 \left(B_1 \frac{\partial B_4}{\partial \varphi_2} + \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_2} \times \right. \right. \\
& \times \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) - B_3 \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) \left. \left. - \frac{\partial B_6}{\partial \varphi_2} [Q_{\varphi_1} B_3 - Q_{\varphi_2} B_1 + \right. \right. \\
& + \omega_1^2 (B_4 B_1 + B_2 B_3 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2)) \left. \left. \right\} \delta_2 + \frac{1}{B_6^2} \left\{ \frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_1} B_3 + Q_{\varphi_1} \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_1} + \right. \\
& + \omega_1^2 \left[\frac{\partial B_4}{\partial \varphi_1} B_1 + \frac{\partial B_2}{\partial \varphi_1} B_3 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) + B_2 \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_1} \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) \right] - \\
& - \frac{\partial B_6}{\partial \varphi_1} [Q_{\varphi_1} B_3 - Q_{\varphi_2} B_1 + \omega_1^2 (B_4 B_1 + B_2 B_3 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2))] \left. \right\} \delta_1 + \\
& + \frac{1}{B_6} \left[\frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \omega_1} B_3 + 2\omega_1 (B_4 B_1 + B_2 B_3 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2)) \right] \beta_1 + \frac{1}{B_6} \left[-\frac{\partial Q_{\varphi_2}}{\partial \omega_2} B_1 \right] \beta_2,
\end{aligned}$$

где

$$\frac{\partial B_4}{\partial \varphi_1} = l_2 M_{c2} \left[\begin{aligned} & (X_{1c2} \sin \varphi_1 + Z_{1c2} \cos \varphi_1) \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) + \\ & + (X_{1c2} \cos \varphi_1 + Z_{1c2} \sin \varphi_1) \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) \end{aligned} \right];$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial B_7}{\partial \varphi_1} = & \frac{1}{B_6} \left[\frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_1} B_3 + Q_{\varphi_1} \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_1} + \dot{\varphi}_1^2 \left(B_1 \frac{\partial B_4}{\partial \varphi_1} + \frac{\partial B_2}{\partial \varphi_1} B_3 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) \right) + \right. \\
& \left. + \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_1} B_2 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) \right];
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial B_3}{\partial \varphi_1} = & l_2 M_{c2} [(-X_{1c2} \cos \varphi_1 + Z_{1c2} \sin \varphi_1) \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) + \\
& + (X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) \sin(\varphi_{02} - \varphi_2)];
\end{aligned}$$

$$\frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_1} = (-X_{1c1} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) (M_{c1} g - K_{\text{dycl}} \omega_1);$$

$$\frac{\partial B_3}{\partial \varphi_2} = l_2 M_{c2} [(-X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) + (X_{1c2} \cos \varphi_1 + Z_{1c2} \sin \varphi_1) \cos(\varphi_{02} - \varphi_2)];$$

$$\frac{\partial B_4}{\partial \varphi_2} = l_2 M_{c2} [(-X_{1c2} \cos \varphi_1 + Z_{1c2} \sin \varphi_1) \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) - (X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) \cos(\varphi_{02} - \varphi_2)];$$

$$\frac{\partial B_6}{\partial \varphi_2} = \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_2} B_2 \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) + B_3 B_2 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2);$$

$$\frac{\partial B_7}{\partial \varphi_2} = \frac{1}{B_6^2} \left[B_3 \frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_2} + Q_{\varphi_1} \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_2} - B_1 \frac{Q_{\varphi_2}}{\partial \varphi_2} + \omega_1^2 \left(B_1 \frac{\partial B_4}{\partial \varphi_2} + B_2 \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) \frac{\partial B_3}{\partial \varphi_2} - B_2 B_3 \cos(\varphi_{02} - \varphi_2) \right) \right] B_6 -$$

$$- \left[Q_{\varphi_1} B_3 - Q_{\varphi_2} B_1 + \omega_1^2 (B_4 B_1 + B_2 B_3) \sin(\varphi_{02} - \varphi_2) \right] \frac{\partial B_6}{\partial \varphi_2};$$

$$\frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_1} = -K_{duc1} (X_{1c1} \cos \varphi_1 - Z_{1c1} \sin \varphi_1);$$

$$\frac{\partial Q_{\varphi_2}}{\partial \varphi_2} = -K_{duc2} l_{c2} \sin(\varphi_{02} - \varphi_2);$$

$$\frac{\partial B_7}{\partial \omega_1} = \frac{1}{B_6} B_3 \frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \omega_1}; \quad \frac{\partial B_7}{\partial \omega_2} = -\frac{1}{B_6} B_1 \frac{\partial Q_{\varphi_2}}{\partial \omega_2}.$$

Систему дифференциальных уравнений решали числовым методом с помощью персонального компьютера при заданных параметрах работы комбинированной машины.

На рис. 2.14 приведен график колебаний двух систем твердых почвообрабатывающей машины.

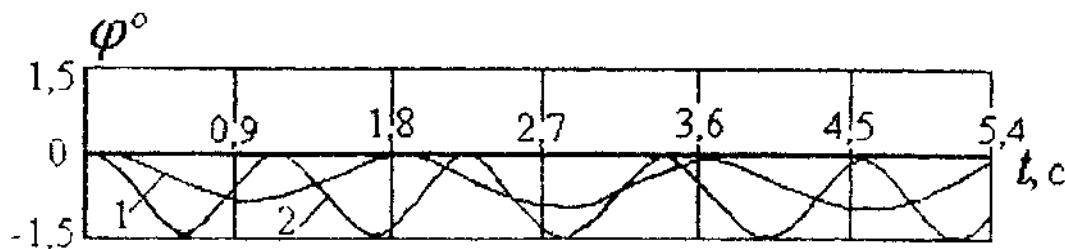


Рис. 2.14. Процесс колебания составляющих экспериментальной машины

Исходя из статического равновесия сил, действующих на комбинированную машину, находим силу её сопротивления

$$\begin{aligned}
 P_T = & \sqrt{\{[P_{x1} + P_{x2} + P_{x3} + P_{x4} + P_{x5} + P_{x6} + P_{c2} \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2 + \varphi_1)] \times \\
 & \times \cos \varphi_1 [P_{z1} + P_{z2} + P_{z3} + P_{z4} + P_{z5} + P_{z6} \cdot M_{c1}g + P_{c2} \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2 + \\
 & + \varphi_1)] \sin \varphi_1\}^2 + \{[P_{x1} + P_{x2} + P_{x3} + P_{x4} + P_{x5} + P_{x6} + P_{c2} \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2 + \varphi_1) + \\
 & + \varphi_1) + [P_{z1} + P_{z2} - P_{z5} - P_{z6} + P_{c2} \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2 + \varphi_1)] \cos \varphi_1 + M_{c1}g\}^2};
 \end{aligned}
 \tag{2.29}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{cp1} = & -P_{x1}Z_{1a1} + P_{z1}X_{1a1} - P_{x2}Z_{1a2} + P_{z2}X_{1a2} - P_{x5}Z_{1a5} - P_{z5}X_{1a5} + M_{c1}g \times \\
 & \times (X_{1c1} \cos \varphi_1 - Z_{1c1} \sin \varphi_1) - P_{c2} \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2) \times X_{1c2} - P_{c2} \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2) - P_{c3} \cos(\varphi_{c3} - \varphi_3) X_{1c3};
 \end{aligned}
 \tag{2.30}$$

В результате решения уравнения с учётом выражений (2.30) находим максимальное значение тягового сопротивления экспериментальной комбинированной машины, которое составил 10,2 кН, что в сравнении с серийной машиной меньше на 24 %.

Экспериментальные исследования показывают, что общее сопротивление экспериментальной комбинированной машины составляет около 30000 Н, что позволяет ее агрегатирование с тракторами класса 30 кН. Серийная комбинированная машина имеет сопротивление около 50000 Н, что дает возможность агрегатировать ее только с трактором класса 50 кН.

Для определения качественных показателей работы экспериментальной комбинированной машины после стерневого предшественника были проведены исследования на предмет определения структурного состава почвы до и после её обработки (табл. 2.1). Влажность почвы во время обработки почвы равнялась 21 %, скорость движения агрегата – 9,2 км/час.

Структурный состав почвы при обработке
экспериментальной комбинированной машиной

Варианты	Фракции, мм					K _{стр.}
	>30	30.20	20.10	10.0,25	<0,25	
До обработки почвы	58,3	3,9	4,9	32,2	0,7	0,48
После обработки почвы	12,8	9,1	12,3	65,6	0,2	2,06

Полученные данные достоверны с вероятностью 95 %, доля влияния факторов на качественные показатели работы машин составляет 94,81 %.

Коэффициент структурности почвы после обработки его экспериментальной комбинированной машиной увеличился приблизительно в 4,5 раза. Его значение достигает 2,06, что подтверждает высокое качество обработки почвы под высеv озимых сельскохозяйственных культур экспериментальной комбинированной машиной за один проход агрегата.

Расчет экономической эффективности использования экспериментальной комбинированной машины проводили на основе результатов сравнительных исследований при выращивании озимой ржи и сравнения ее энергетических показателей с показателями серийной комбинированной машины в ценах 2007 г. Сравнивали три технологии выращивания озимой ржи после кукурузы на силос:

1. Традиционное возделывание почвы – двукратное боронование тяжелыми дисковыми боронами, предпосевная культивация, посев и уборка урожая.
2. Прямой высеv с использованием сеялки прямого сева, прикатывание и уборки урожая.
3. Применение экспериментальной машины – возделывание почвы экспериментальной машиной, прикатывание и уборка урожая.

Исходные данные для экономических расчетов приведены табл. 2.2.

Расчеты экономической эффективности выращивания озимой ржи проводили с помощью компьютерной программы «Оперативное управление сельскохозяйственным производством» кафедры механизации и электрификации сельскохозяйственного производства Харьковского национального аграрного университета им. В.В. Докучаева. Анализ экономической эффективности применения экспериментальной комбинированной машины при выращивании озимой ржи приведен в табл. 2.3.

Таблица 2.2

Исходные данные для проведения экономических расчетов

Показатели	Единица измерения	Значение показателя
Амортизационные отчисления на технику	%	15,0
Отчисление на ремонт и ТО энергосредств	%	12,4
Отчисление на ремонт и ТО сельскохозяйственной техники	%	24,0
Стоимость экспериментальной машины	тыс. грн.	30,0
Стоимость сеялки прямого сева АПП-6	тыс. грн.	90,0

Таблица 2.3

Показатели экономической эффективности применения экспериментальной комбинированной машины при выращивании озимой ржи на площади 100 га

Показатели	Единица измерения	Технология выращивания				
		традиционная	с использованием прямого посева	% к традиционной	с использованием экспериментальной машины	% к традиционной
Валовой сбор	т	182,0	149,0	82	290,0	159
Затраты труда	чел. час.	240,0	125,9	52	272,0	113
Расходы дизельного топлива	т	2,5	1,3	52	2,6	104
Всего расходов на 1 га	грн.	330,0	370,0	112	330,0	100
Всего затрат па 1 т	грн.	180,0	250,0	139	110,0	61

Данные табл. 2.3 показывают, что наименьшие расходы энергии на подготовку почвы к севу после кукурузы на силос – при технологии с использованием сеялки прямого высе-

ва. По отношению к традиционной технологии и технологии с использованием экспериментальной машины применение сеялки прямого высева позволяет приблизительно в два раза уменьшить расходы энергии. Наибольшие затраты средств получены в технологии с применением сеялок прямого высева. Это можно объяснить двумя причинами. Первой причиной является низкое качество подготовки почвы под высева семян и высокая степень неравномерности распределения их по глубине заделки (отчет кафедры механизации Харьковского НАУ им. В.В.Докучаева за 2002 – 2003 гг.), которое, соответственно, способствовало уменьшению урожайности озимой ржи. Вторая – относительно высокая стоимость сеялки прямого высева АПП-6 (около 90 тыс. грн.).

Сравнение традиционной технологии и технологии с использованием экспериментальной машины показывает, что расход энергии в них практически одинаковый, а затраты средств на единицу полученной продукции значительно меньше. Это объясняется тем, что в технологии выращивания озимой ржи с использованием экспериментальной машины обеспечивается лучшее качество подготовки почвы к заделке семян. Последнее способствовало увеличению урожайности озимой ржи приблизительно в 1,5 раза.

Для определения экономической эффективности от внедрения результатов исследований и проведения соответствующей модернизации комбинированной серийной машины с использованием тяговой характеристики трактора Т-150К и энергетических показателей работы машин находили рабочие скорости серийного и экспериментального агрегатов. Эти скорости соответственно составили 6,7 и 9,9 км/ч.

Сравнительные показатели серийной и экспериментальной шины приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Сравнительные показатели работы серийной и экспериментальной комбинированных почво-обработывающих машин

Показатели	Единица измерения	Серийная машина	Экспериментальная машина	% к серийной
Сменная производительность	га/см	8,42	10,5	131
Расходы топлива	кг/га	17,31	12,56	73
Затраты на выполнение единицы работы	грн./га	206,00	189	91

Как видно из приведенных данных табл. 2.4, экспериментальная комбинированная машина по отношению к серийной обеспечивает увеличение производительности на 31 %, а расход топлива и затрат средств на единицу работы уменьшается соответственно на 27 и 9 %.

2.5. Методика построения математической модели устойчивости функционирования сеялки прямого сева

Сошниковая дисковая система с опорно-прикатывающим катком зерновой сеялки отечественного производства привеи рис. 2.15.

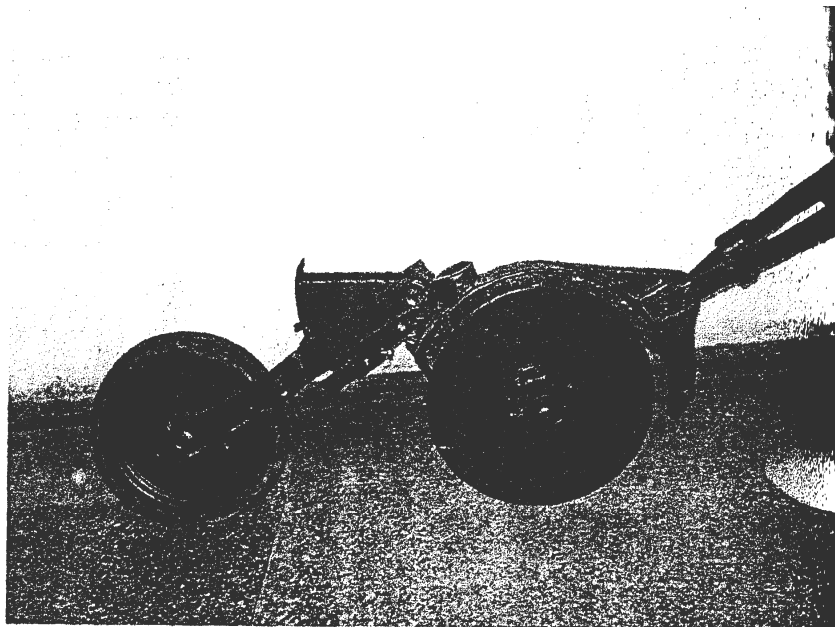


Рис. 2.15. Сошниковая дисковая система с опорно-прикатывающим катком

Сошниковая система состоит из поводка, корпуса сошника, семянаправителя, двух дисков и механизма с опорно-прикатывающим катком. Глубина хода сошника регулируется изменением положения опорного катка.

Исследования динамики функционирования сошниковой системы и сеялки прямого сева выполнены С.А. Дьяконовым под руководством авторов.

2.6. Устойчивость функционирования сошниковой системы с опорно-прикатывающим катком

С учётом диссипации энергии на преодоление сил трения между дисками сошника и почвой в результате колебаний системы уравнение (2.31.) запишем

$$\ddot{\varphi} \left(\frac{m_1 l_1^2}{2} + 2m_2 l_1^2 + 2m_3 l_3^2 + 2m_4 l_4^2 + I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \right) = -(h_{np} + l_1 \sin \varphi) C_{np} l_1 \sin(\alpha + \varphi_0 + \varphi) - (0,5G_1 + G_2) \times l_2 \sin(\varphi_0 + \varphi) + R_2 l_2 (\sin \psi - f \cos \psi) - G_3 l_3 \sin(\varphi_0 + \varphi_3 + \varphi) - G_4 l_4 \sin(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi) + R_2 l_4 [\sin(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi) + f_c \cos(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi)] - K_{disc} \varphi \cdot \dot{\varphi} \cdot l_2^2 \sin(\varphi_0 + \varphi), \quad (2.31)$$

где $K_{\text{дис}}$ – коэффициент, определяющий значение диссипативной силы трения дисков сошников о почву.

С целью определения влияния параметров динамической системы, описываемой дифференциальным уравнением (2.31), на ее устойчивость воспользуемся известной методикой.

Вводим обозначение $\dot{\varphi} = \omega$ и дифференциальное уравнение второго порядка приводим к системе дифференциальных уравнений первого порядка

$$\begin{aligned} \dot{\varphi} &= \omega \\ \dot{\omega} &= \frac{1}{B_1} \{ -(h_{np} + l_1 \sin \varphi) C_{np} l_1 \sin(\alpha + \varphi_0 + \varphi) - (0,5G_1 + G_2) \times \\ &\times l_2 \sin(\varphi_0 + \varphi) + R_c l_2 (\sin \psi - f \cos \psi) - G_4 l_4 \sin(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi) + \\ &+ R_z l_4 [\sin(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi) + f_c \cos(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi)] - \\ &- K_{\text{дис}} \varphi \omega l_2^2 \sin(\varphi_0 + \varphi) \}; \end{aligned} \quad (2.30)$$

$$\text{где } B_1 = \frac{m_1 l_1^2}{2} + 2m_2 l_2^2 + 2m_3 l_3^2 + 2m_4 l_4^2 + I_1 + I_2 + I_3 + I_4.$$

Тогда уравнения возмущённого можно записать в виде

$$\begin{aligned} \dot{\varphi} + \dot{\delta} &= \omega + \beta = \dot{\varphi} + \beta; \quad \dot{\delta} = \beta \\ \dot{\omega} + \dot{\beta} &= \frac{1}{B_1} \{ -(h_{np} + l_1 \sin(\varphi + \delta)) C_{np} l_1 \sin(\alpha + \varphi_0 + \varphi + \delta) - \\ &- (0,5G_1 + G_2) l_2 \sin(\varphi_0 + \varphi + \delta) + R_c l_2 (\sin \psi - f_c \cos \psi) - \\ &- G_3 l_3 \sin(\varphi_0 + \varphi_3 + \varphi + \delta) - G_4 l_4 \sin(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi + \delta) + \\ &+ R_z l_4 [\sin(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi + \delta) + f_c \cos(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi + \delta)] - \\ &- K_{\text{дис}} (\varphi + \delta) (\omega + \beta) l_2^2 \sin(\varphi_0 + \varphi + \delta) \}; \end{aligned} \quad (2.31)$$

где

$$R_z = [l_4 (\cos(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi + \delta) - \cos(\varphi_0 + \varphi_4)) + h_1] C_{\text{ноч}} - \mu l_4 (\omega + \beta) \sin(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi + \delta);$$

$$R_c = K_1 (1 + \rho \cdot \sin \nu t) [h + l_2 (\cos(\varphi_0 + \varphi + \delta) - \cos \varphi_0)] C_{\text{ноч..}}$$

После разложения уравнения (2.31) в ряд Тейлора с точностью первого порядка малости и разницей между правыми и левыми частями уравнений (2.31) и (2.32) получим систему дифференциальных уравнений возмущения системы.

$$\begin{aligned}
\dot{\delta} &= \beta; \\
\dot{\beta} &= \frac{1}{B_1} \{ -l_1^2 \cos \varphi C_{np} \sin(\alpha + \varphi_0 + \varphi) - (h_{np} + l_1 \sin \varphi) \times \\
&\times C_{np} l_1 \cos(\alpha + \varphi_0 + \varphi) - (0,5G_1 + G_2) l_2 \cos(\varphi_0 + \varphi) - \\
&- K_1 (1 + \rho \cdot \sin \nu t) l_2^2 \sin(\varphi_0 + \varphi) (\sin \psi - f_c \cos \psi) - \\
&- G_3 l_3 \cos(\varphi_0 + \varphi_3 + \varphi) - G_4 l_4 (\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi) + \\
&+ \frac{\partial R_z}{\partial \varphi} l_4 [\sin(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi) + f_c \cos(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi)] + \\
&+ R_z l_4 [\cos(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi) - f_c \sin(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi)] - K_{duc} \omega l_2^2 \times \\
&\times [\sin(\varphi_0 + \varphi) + \varphi \cos(\varphi_0 + \varphi)] \delta - \mu l_4^2 \sin(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi) \times \\
&\times [\sin(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi) + f_c \cos(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi) - K_{duc} \varphi l_2^2 \sin(\varphi_0 + \varphi)] \beta,
\end{aligned} \tag{2.32}$$

где

$$\frac{\partial R_z}{\partial \varphi} = -l_4 \sin(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi) C_{noch} - \mu l_4 \omega \cos(\varphi_0 + \varphi_4 + \varphi).$$

Системы дифференциальных уравнений невозмущённого движения и возмущённого (2.32) решали совместно. При этом исходные параметры системы брали такими же, как и при решении дифференциального уравнения. Значение коэффициента определяющего величину диссипативной силы трения дисков сошников о почву K_{duc} , принимали равным 1 Нс/м.

Асимптотическую устойчивость системы оценивали величиной пройденного пути системой от возмущённого до возвращения её до невозмущённого движения. При решении системы дифференциальных уравнений (2.32) возмущение задавали $\delta = 3^\circ$, а $\beta = 9$ град/с. Характер затухания колебаний возмущённого движения системы приведен на рис. 2.16. Резуль-

таты решения системы уравнений при различных её параметрах приведены на рис. 2.17...2.21.

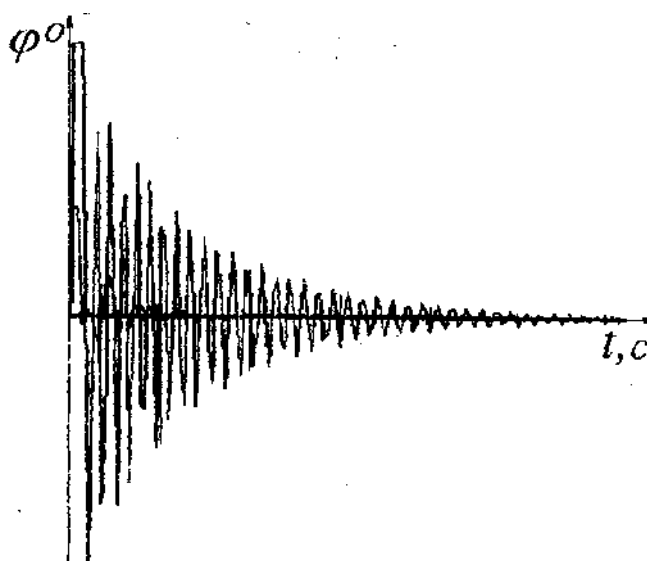


Рис. 2.16. Характер затухания возмущённого движения

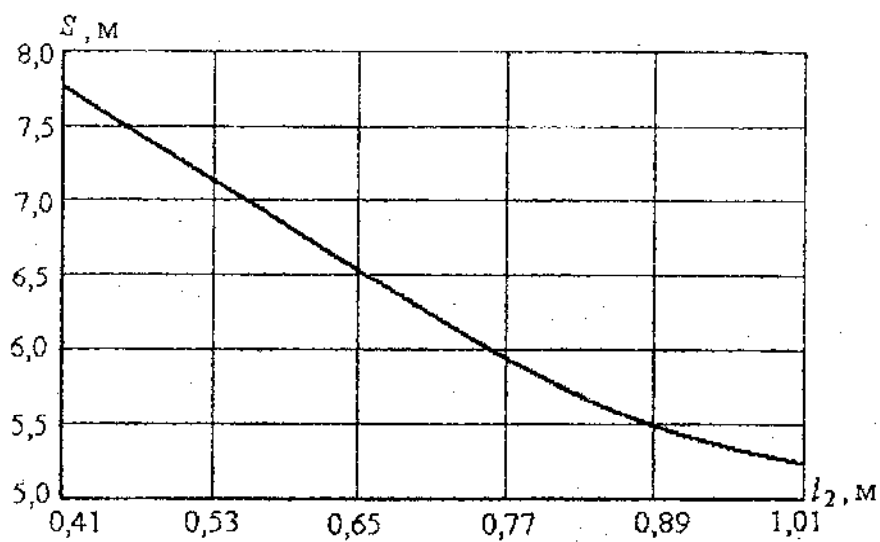


Рис. 2.17. Зависимость возмущённого пути сошниковой системы от длины её поводка

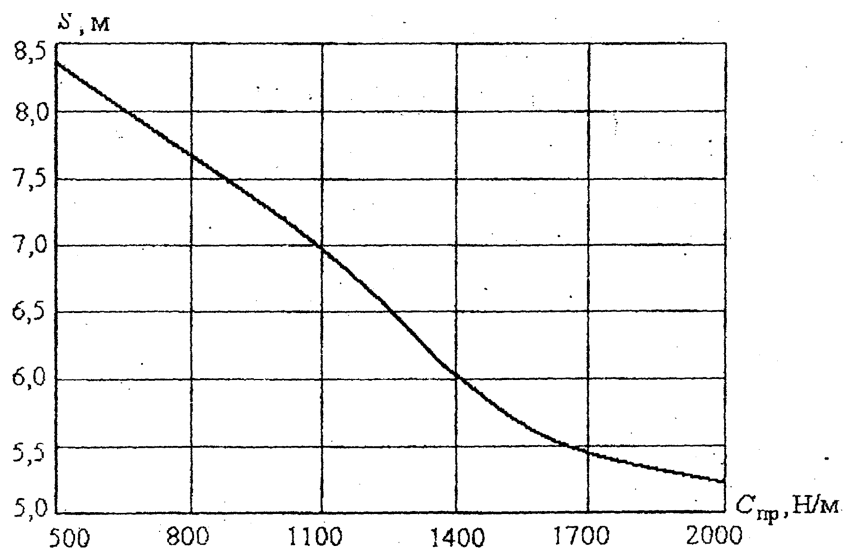


Рис. 2.18. Зависимость возмущенного пути сошниковой системы от жесткости пружины

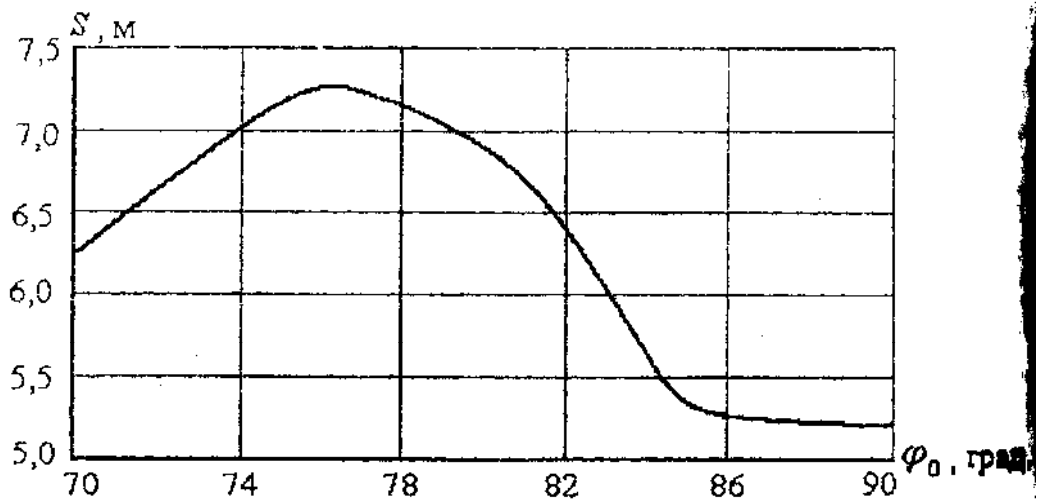


Рис. 2.19. Зависимость возмущённого пути сошниковой системы от угла наклона её поводка

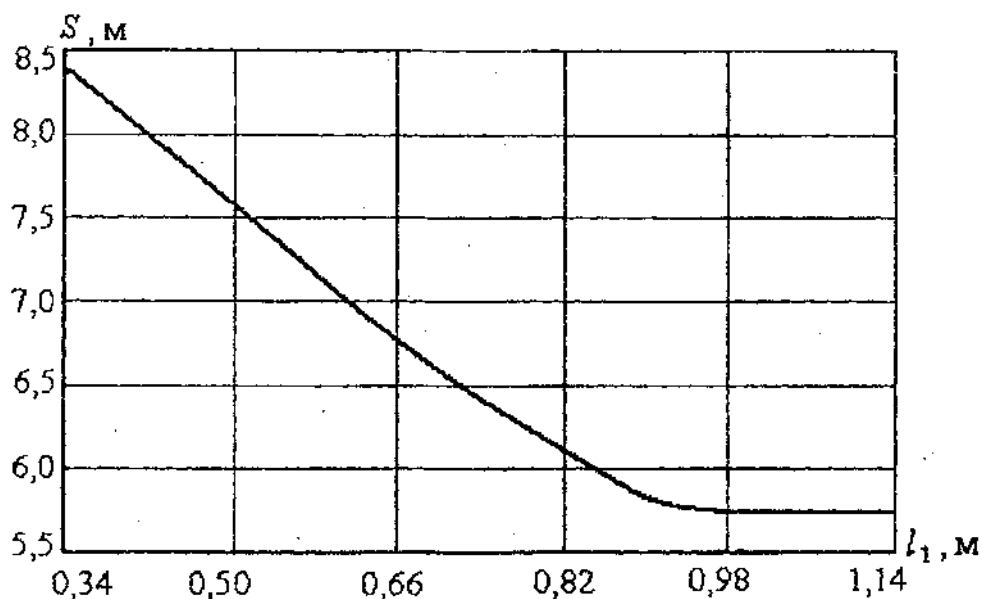


Рис. 2.20. Зависимость возмущённого пути сошниковой системы от расстояния до точки крепления штанги нажимной пружины

Анализ зависимостей возмущённого пути сошниковой системы и коэффициента вариации колебаний от её параметров показывает, что влияние длины поводка системы, скорости её движения и расстояния до точки крепления штанги нажимной пружины являются аналогичными. С увеличением длины поводка и расстояния до нажимной штанги, а также при снижении скорости движения сошниковой системы коэффициент вариации максимальных отклонений от прямолинейного движения снижается и устойчивость движения системы повышается.

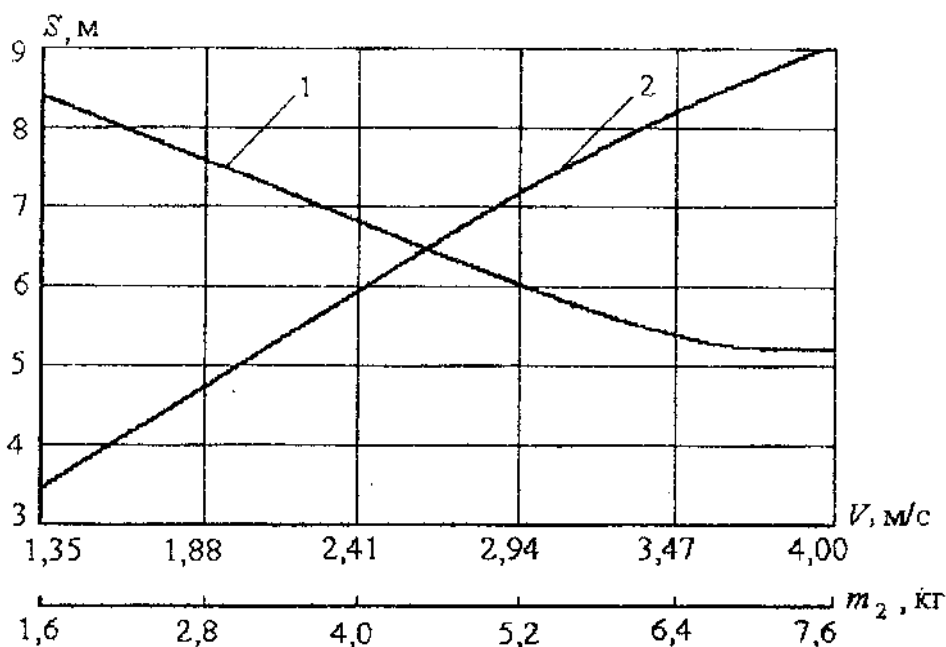


Рис. 2.21. Зависимость возмущённого пути сошниковой системы от: 1 – скорости движения; 2 – массы секции

Сравнение влияния жёсткости пружины, начального угла наклона поводка и массы сошниковой системы на коэффициент вариации максимальных отклонений от заданной траектории и устойчивость системы показывает, что оно не совпадает как по характеру, так и по значению рациональных параметров. Так рациональное значение жесткости нажимной пружины возросло с 1200 до 1650 Н/м, начального угла наклона – с 80° до 85°, массы сошниковой секции – с 4 до 6 кг.

С целью определения достоверности теоретических исследований по определению влияния массы сошника, начального угла наклона и жесткости пружины нажимной штанги на устойчивость движения системы эксперименты проводили в почвенном канале с использованием видеокамеры. Уровни варьирования факторов выбирали в соответствии с результатами теоретических исследований по обоснованию их рациональных параметров при решении дифференциального уравнения, описывающего динамику функционирования сошниковой системы, и при исследовании системы на устойчивость движения. Кодирование факторов и уровень их варьирования приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Кодирование факторов и уровень их варьирования

Наименование факторов	Кодовое обозначение	Уровни варьирования факторов	
		+	–
Масса сошника, кг	X_1	6	4
Начальный угол наклона поводка, град.	X_2	85	80
Жесткость пружины, Н/м	X_3	1700	1200

Перед проведением экспериментов почву взрыхливали и выравнивали. Для возмущения системы в канале на расстоянии 1 м укладывали возмутители сошниковой системы три деревянные планки толщиной 25 мм.

После включения привода тележки почвенного канала сошниковую систему приводили в движение. При наезде сошниковой системы на деревянные планки движение ее возмущалось и со временем возвращалось до исходного состояния. Процесс снимали на видеокамеру и при замедленном просмотре определяли через время путь, необходимый для возвращения системы до невозмущенного движения.

Опыты проводили при скорости движения сошниковой системы 1 м/с и влажности почвы 20,5 %. Матрица проведения экспериментов и их результаты приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6.

Матрица проведения экспериментов и их результаты

Уровни факторов			Повторности			У _{ср., м}
X ₁	X ₂	X ₃	1	2	3	
–	–	–	0,92	0,91	0,90	0,91
+	–	–	0,79	0,78	0,76	0,77
–	+	–	0,88	0,89	0,90	0,89
–	–	+	0,77	0,75	0,73	0,73

Уравнение регрессии имеет следующий вид

$$y=0,91-0,13x_1-2,00x_2-0,18x_3.$$

Статистическая обработка полученных данных свидетельствует об их достоверности с 95 % вероятностью. При этом НСР=0,031.

Анализ уравнения регрессии показывает, что увеличение изучаемых параметров способствует повышению устойчивости движения дисковой сошниковой системы с опорно-прикатывающими колесами. Наибольшее влияние на устойчивость движения при заданных пределах изменения значений факторов оказывает начальный угол наклона поводка секции.

2.7. Исследование устойчивости функционирования сеялки прямого сева

Для исследования системы на устойчивость движения с учётом диссипативной энергии после подстановок и преобразований системы дифференциальных уравнений (2.33) получим следующую систему уравнений

$$\begin{aligned} M_{c1}[l_c^2 \ddot{\varphi}_1 + l_c l_1 \ddot{\varphi}_2 D_1 + l_c l_1 \varphi_2^2 D_2] + I_{c1} \ddot{\varphi}_1 &= Q_{\varphi_1}; \\ M_{c1}[l_1^2 \ddot{\varphi}_2 + l_1 l_c \ddot{\varphi}_1 D_1] + (M_{c2} l_c^2 + I_{c2}) \ddot{\varphi}_2 &= Q_{\varphi_2}, \end{aligned} \quad (2.33)$$

$$D_1 = \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 - \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2;$$

где

$$D_2 = \sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 - \cos \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2.$$

$$\begin{aligned}
Q_{\varphi_1} = & -R_{xkl} (0,5l_3 \cos \varphi_1 + l \sin \varphi_1) - \sum_{i=1}^{12} R_{xci} (0,25l_4 \cos \varphi_1 + l \sin \varphi_1) - \\
& - R_{ykl} (l \cos \varphi_1 - 0,5l_3 \sin \varphi_1) - \sum_{i=1}^{12} R_{ycli} (l \cos \varphi_1 - 0,25l_4 \sin \varphi_1) + \\
& + R_{xkl} (0,5l_3 \cos \varphi_1 - l \sin \varphi_1) + \sum_{i=13}^{24} (0,25l_4 \cos \varphi_1 - l \sin \varphi_1) - \\
& - R_{ykl} (l \cos \varphi_1 + 0,5l_3 \sin \varphi_1) - \sum_{i=13}^{24} R_{ycli} (l \cos \varphi_1 + 0,25l_4 \sin \varphi_1) - K_{\text{дсч1}} \dot{\varphi}_1 l_1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_{\varphi_2} = & -R_{xcl} l_1 \sin \varphi_2 + R_{yol} l_1 \cos \varphi_2 + \sum_{i=1}^{12} R_{x\partial ni} (0,25l_5 - l_2 \operatorname{tg} \varphi_2) \cos \varphi_2 - \\
& - \sum_{i=1}^{12} R_{y\partial ni} (l_2 \cos \varphi_2 + 0,25l_5 \sin \varphi_2) - \sum_{i=13}^{24} R_{x\partial ni} (0,25l_5 + l_2 \operatorname{tg} \varphi_2) \cos \varphi_2 - \\
& - \sum_{i=13}^{24} R_{y\partial ni} (l_2 \cos \varphi_2 - 0,25l_5 \sin \varphi_2) - K_{\text{дсч2}} \dot{\varphi}_2 l_2;
\end{aligned}$$

где $K_{\text{дсч1}}$; $K_{\text{дсч2}}$ – коэффициенты, определяющие значение диссипативных сил трения соответственно сеялки и дисковой приставки на почву.

После преобразования системы дифференциальных уравнений получим

$$\ddot{\varphi}_1 = \frac{1}{M_{c1} l_{c1}} [Q_{\varphi_1} - M_{c1} l_c l_1 (D_3 D_1 + \varphi_2^2 + \varphi_2^2 D_2)];$$

$$\ddot{\varphi}_2 = D_4 [Q_{\varphi_2} (M_{c1} l_c^2 + I_{c1}) - M_{c1} l_c + I_{c1}) - M_{c1} l_c l_1 (Q_{\varphi_1} D_1 - M_{c1} \dot{\varphi}_1^2 D_2 D_1)];$$

где $D_3 = \ddot{\varphi}_2$;

$$D_4 = \frac{1}{(M_{c1} l_c^2 + I_{c1})(M_{c2} l_c^2 + I_{c2}) - M_{c1} l_1^2 (M_{c1} l_c^2 + I_{c1} + M_{c1} l_c^2 + D_1)}.$$

Воспользуемся методикой исследований системы на устойчивость движения. Для понижения порядка дифференциальных уравнений введём обозначения $\dot{\varphi}_1 = \omega_1$; $\dot{\varphi}_2 = \omega_2$..

Тогда система дифференциальных уравнений (2.34) запишется

$$\dot{\omega}_1 = \frac{1}{M_{c1} l_c^2 + I_{c1}} [Q_{\varphi_1} - M_{c1} l_c l_1 (D_3 D_1 + \omega_2^2 D_2)]$$

$$\omega_1 = \dot{\varphi}_1;$$

$$\dot{\omega}_2 = D_4[Q_{\varphi_2}(M_{c_1}l_c^2 + I_{c_1}) - M_{c_1}l_c l_1(Q_{\varphi_1}D_1 - M_{c_1}\omega_1^2 D_2 D_1)];$$

$$\omega_2 = \dot{\varphi}_2; D_3 = \omega_2.$$

(2.34)

Для получения системы дифференциальных уравнений возмущённого движения в систему уравнений (2.34) вводим переменные:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \varphi_1 + \delta_1; & \varphi_2 &= \varphi_2 + \delta_2; & \omega_1 &= \omega_1 + \beta_1; \\ \omega_2 &= \omega_2 + \beta_2; & \dot{\omega}_1 &= \dot{\omega}_1 + \dot{\beta}_1; & \dot{\omega}_2 &= \dot{\omega}_2 + \dot{\beta}_2, \end{aligned}$$

где $\delta_1; \delta_2$ – приращение возмущения обобщенной координаты соответственно первого и второго дифференциальных уравнений;

$\beta_1; \beta_2$ – приращение скорости возмущения обобщенной координаты соответственно первого и второго дифференциальных уравнений.

После нахождения разницы между уравнениями возмущенного и невозмущенного движения системы и разложения первых в ряд Тейлора с точностью первого порядка малости находим систему дифференциальных уравнений возмущения

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \frac{1}{M_{c_1}l_c^2 + I_{c_1}} \left\{ \left[\frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_1} - M_{c_1}l_c l_1 \left(\frac{\partial D_3}{\partial \varphi_1} D_1 + D_3 \frac{\partial D_1}{\partial \varphi_1} + \omega_2^2 \frac{\partial D_2}{\partial \varphi_1} \right) \right] \delta_1 - \right. \\ &- \left[M_{c_1}l_c l_1 \left(\frac{\partial D_3}{\partial \varphi_2} D_1 + \frac{\partial D_1}{\partial \varphi_2} D_3 + \omega_2^2 \frac{\partial D_2}{\partial \varphi_2} \right) \right] \delta_2 + \left[\frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \omega_1} - M_{c_1}l_c l_1 \frac{\partial D_3}{\partial \omega_1} D_1 \right] \beta_1 - \\ &- \left. M_{c_1}l_c l_1 \left(\frac{\partial D_3}{\partial \omega_2} D_1 + 2\omega_2 D_2 \right) \beta_2 \right\}; \\ \dot{\beta}_2 &= \left\{ \left[Q_{\varphi_2}(M_{c_1}l_c^2 + I_{c_1}) - M_{c_1}l_c l_1(Q_{\varphi_1}D_1 - M_{c_1}\omega_1^2 D_2 D_1) \right] \frac{\partial D_4}{\partial \varphi_1} - \right. \\ &- D_4 \left[M_{c_1}l_c l_1 \left(\frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_1} D_1 + D_{\varphi_1} \frac{\partial D_1}{\partial \varphi_1} + M_{c_1}\omega_1^2 \frac{\partial D_2}{\partial \delta_1} D_1 + M_{c_1}\omega_1^2 D_2 \frac{\partial D_1}{\partial \varphi_1} \right) \right] \delta_1 + \\ &+ \left\{ \left[Q_{\varphi_2}(M_{c_1}l_c^2 + I_{c_1}) - M_{c_1}l_c l_1(Q_{\varphi_1}D_1 - M_{c_1}\omega_1^2 D_2 D_1) \right] \frac{\partial D_4}{\partial \varphi_2} + \right. \\ &+ D_4 \left[\frac{\partial Q_{\varphi_2}}{\partial \varphi_2} (M_{c_1}l_c^2 + I_{c_1}) - M_{c_1}l_c l_1 \left(Q_{\varphi_1} \frac{\partial D_1}{\partial \varphi_2} - M_{c_1}\omega_1^2 \frac{\partial D_2}{\partial \varphi_2} D_1 - \right. \right. \\ &- \left. \left. M_{c_1}\omega_1^2 D_2 \frac{\partial D_2}{\partial \delta_1} \right) \right] \delta_2 - D_4 \left[M_{c_1}l_c l_1 \left(\frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \omega_1} D_1 + 2M_{c_1}\omega_1 D_2 D_1 \right) \right] \beta_1 + \\ &+ D_4 \frac{\partial Q_{\varphi_2}}{\partial \omega_2} (M_{c_1}l_c^2 + I_{c_1}) \beta_2, \end{aligned} \tag{2.35}$$

где

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_1} = & -R_{xkl}(-0,5l_3 \sin \varphi_1 + l \cos \varphi_1) - \sum_{i=1}^{12} R_{xcli}(-0,25l_4 \sin \varphi_1 + l \cos \varphi_1) - \\ & - R_{ykl}(-l \sin \varphi_1 - 0,5l_3 \cos \varphi_1) - \sum_{i=1}^{12} R_{ycli}(-l \sin \varphi_1 - 0,25l_4 \cos \varphi_1) + \\ & + R_{xkn}(-0,5l_3 \sin \varphi_1 - l \cos \varphi_1) + \sum_{i=13}^{24} R_{xcni}(-0,25l_4 \sin \varphi_1 - l \cos \varphi_1) - \\ & - R_{ykn}(-l \sin \varphi_1 + 0,5l_3 \cos \varphi_1) - \sum_{i=13}^{24} R_{ycni}(-l \sin \varphi_1 + 0,25l_4 \cos \varphi_1); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial D_3}{\partial \varphi_1} = & \frac{\partial D_4}{\partial \varphi_1} [Q_{\varphi_1}(M_{c1}l_c^2 + I_{c1}) - M_{c1}l_c l_1(Q_{\varphi_1}D_1 - M_{c1}\dot{\varphi}_1^2 D_2 D_1)] + \\ & + D_4 [M_{c1}l_c l_1 \frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \varphi_1} D_1 + Q_{\varphi_1} \frac{\partial D_1}{\partial \varphi_1} - M_{c1}\dot{\varphi}_1^2 (\frac{\partial D_2}{\partial \varphi_1} D_1 + D_2 \frac{\partial D_1}{\partial \varphi_1})]. \end{aligned}$$

$$\frac{\partial D_1}{\partial \varphi_1} = \cos \varphi_1 \sin \varphi_2 + \sin \varphi_1 \cos \varphi_2;$$

$$\frac{\partial D_2}{\partial \varphi_1} = \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 - \sin \varphi_1 \sin \varphi_2;$$

$$\frac{\partial D_1}{\partial \varphi_2} = \sin \varphi_1 \cos \varphi_2 + \cos \varphi_1 \sin \varphi_2;$$

$$\frac{\partial D_2}{\partial \varphi_2} = -\sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2;$$

$$\frac{\partial Q_{\varphi_1}}{\partial \omega_1} = -K_{ouc1}l_1;$$

$$\frac{\partial Q_{\varphi_2}}{\partial \omega_2} = -K_{ouc2}l_2;$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_{\varphi_2}}{\partial \varphi_2} &= -R_{xc1}l_1 \cos \varphi_2 - R_{yc1}l_1 \sin \varphi_2 + \sum_{i=1}^{12} R_{x\delta ni} \times \left[-\frac{l_2}{\cos \varphi_2} - (0,25l_5 - \right. \\ &- l_2 \operatorname{tg} \varphi_2) \sin \varphi_2 \left. \right] - \sum_{i=1}^{12} R_{y\delta ni} (-l_2 \sin \varphi_2 + 0,25l_5 \cos \varphi_2) - \sum_{i=13}^{24} R_{x\delta ni} \times \\ &\times \left[-\frac{l_2}{\cos \varphi_2} - (0,25l_5 + l_2 \operatorname{tg} \varphi_2) \sin \varphi_2 \right] - \sum_{i=13}^{24} R_{y\delta ni} (-l_2 \sin \varphi_2 - 0,25l_5 \cos \varphi_2) \\ \frac{\partial D_3}{\partial \varphi_2} &= \frac{\partial D_4}{\partial \varphi_2} [Q_{\varphi_2} (M_{c1}l_c^2 + I_{c1}) - M_{c1}l_c l_1 (Q_{\varphi_1} D_1 - M_{c1}\omega_1^2 D_2 D_1)] + \\ &+ D_4 \left[\frac{\partial Q_{\varphi_2}}{\partial \varphi_2} (M_{c1}l_c^2 + I_{c1}) - Q_{\varphi_1} \frac{\partial D_1}{\partial \varphi_2} - M_{c1}\omega_1^2 \left(\frac{\partial D_2}{\partial \varphi_2} D_1 + \frac{\partial D_1}{\partial \varphi_2} D_2 \right) \right]; \end{aligned}$$

$$\frac{\partial D_4}{\partial \varphi_1} = \frac{M_{c1}^2 l_1^2 l_c^2 \frac{\partial D_1}{\partial \varphi_1}}{\left[(M_{c1}l_c^2 + I_{c1})(M_{c2}l_c^2 + I_{c2}) - M_{c1}l_1^2 (M_{c1}l_c^2 + I_{c1} + M_{c1}l_c^2 + D_1) \right]^2};$$

$$\frac{\partial D_4}{\partial \varphi_2} = \frac{M_{c1}^2 l_1^2 l_c^2 \frac{\partial D_1}{\partial \varphi_1}}{\left[(M_{c1}l_c^2 + I_{c1})(M_{c2}l_c^2 + I_{c2}) - M_{c1}l_1^2 (M_{c1}l_c^2 + I_{c1} + M_{c1}l_c^2 + D_1) \right]^2}.$$

После решения системы уравнений (2.35) при $\delta_1 = \delta_2 = 3^\circ$; $\beta_1 = \beta_2 = 0$ получим характер зависимости пройденного пути сеялкой прямого сева от момента возмущения до невозмущённого движения при скорости её движения 3 м/с (рис. 2.22).

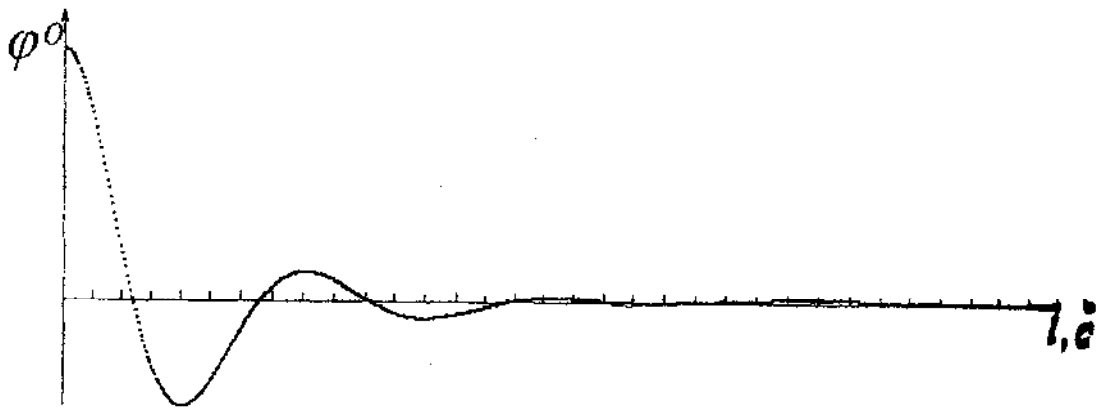


Рис. 2.22. Характер затухания возмущённого движения сеялки прямого сева

Зависимости пути, пройденного сеялкой прямого сева от момента возмущения до невозмущённого движения, приведены на рис. 2.23 и 2.24. Сравнение полученных результа-

тов при решении систем дифференциальных уравнений показало их отличие. При увеличении длины сннца сеялки, уменьшении заднего кронштейна почвообрабатывающей приставки и её сннца устойчивость системы повышается, При этом в заданных параметрах системы увеличение сннца почвообрабатывающей приставки более 3 м не влияет на устойчивость её движения. Увеличение масс сеялки и приставки способствует ухудшению устойчивости системы.

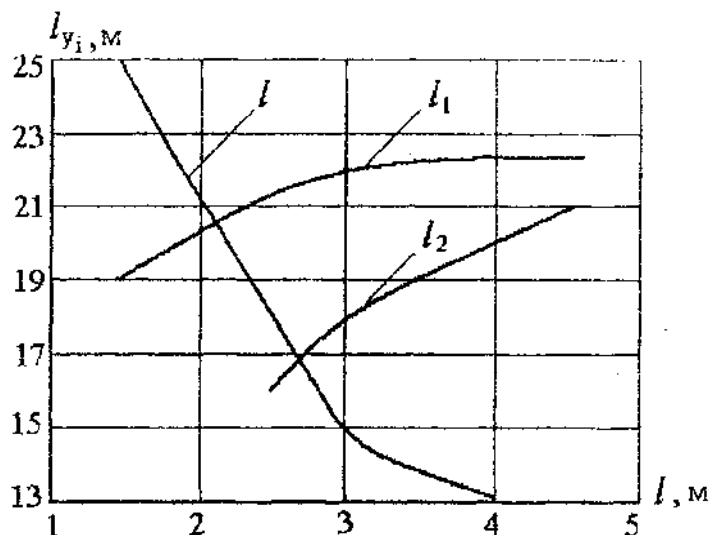


Рис. 2.23. Зависимость пути, пройденной сеялкой прямого сева, от момента возмущения до невозмущенного движения от длины сннца сеялки, заднего кронштейна почвообрабатывающей приставки и длины её сннца

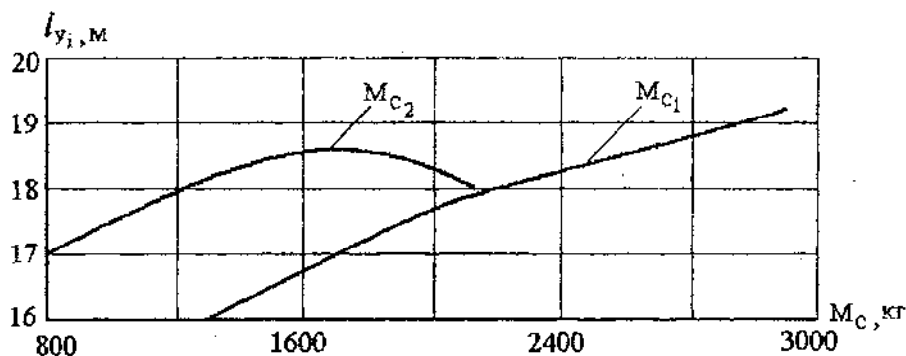


Рис. 2.24. Зависимость пройденного пути сеялки прямого сева от момента возмущения до невозмущенного движения от массы сеялки и приставки

Для подтверждения достоверности принятой математической модели по определению влияния параметров сеялки прямого сева на амплитуду её колебаний были проведены экспериментальные исследования. При этом выбрали четыре фактора, которые имели наиболее существенное влияние. Перед проведением экспериментальных исследований составили

матрицу планирования полнофакторного эксперимента 2^4 с использованием 1/2 – реплики на двух уровнях варьирования факторов, обозначенных знаками «+» и «-», соответствующих верхнему и нижнему уровням.

Эксперименты проводили в полевых условиях в трех повторностях. Чтобы выполнить эту задачу, на поле разметили участки для повторностей длиной по 48 м и шириной 10 м, предварительно не обрабатывали. По краям участка натягивали шнур принятый за линию отсчета. От середины участка на расстоянии 1,5 м по ширине и 8 м по длине в шахматном порядке установили колышки, чтобы задать траекторию движения агрегата в виде синусоиды. Перед первым участком, после восьмого и между участками расстояние составило 8 м. Это вызвано необходимостью переоборудования сеялки прямого сева, а также непрерывностью траектории движения агрегата.

Вождение агрегата на поле по линии заданной траектории движения осуществляли с ориентиром на пробку радиатора трактора при постоянной скорости движения. После этого для оценки амплитуды колебаний сеялки принимали среднеквадратическое отклонение полученной траектории движения агрегата на пиковых точках от теоретической траектории.

Во время движения агрегата по соответствующим участкам рабочие органы сеялки прямого сева оставили след. После этого измеряли расстояние от линии отсчета до крайних сошников на пиковых точках синусоиды слева и справа по ходу движения агрегата. Пара пиковых точек от средней линии синусоиды составила повторность опыта.

Затем на пиках по повторностям определили среднее значение расстояния от линии отсчета, которое соответствует значению расстояния до линии траектории движения центра сеялки. Находили отклонения от теоретической траектории движения центра сеялки. Проверку достоверности влияния вариантов проводили по критерию Фишера.

Результаты исследований анализировали методом наименьших квадратов. Для данного эксперимента уравнение регрессии принимаем в виде

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4.$$

Эксперименты проводили при влажности почвы 23,3 % и скорости движения агрегата 5,8 км/ч. В результате прохода агрегата на поверхности делянок остался след от заданной траектории от рабочих органов сеялки прямого сева (рис. 2.25).

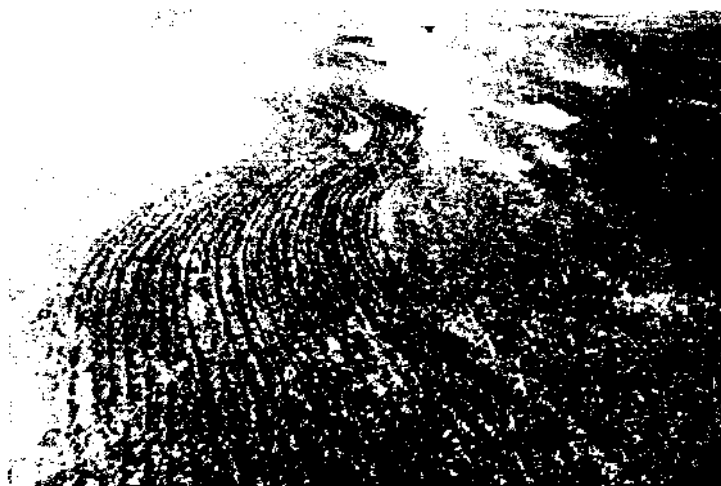


Рис. 2.25. Траектория движения сеялки прямого сева

Принятые кодовые обозначения и уровни варьирования для проведения эксперимента приведены в табл. 2.7

Таблица 2.7

Кодовые обозначения и уровни варьирования факторов

Кодовые обозначения фактора	Наименование фактора	Единица измерения	Уровень варьирования	
			+	-
X ₁	Длина сннца приставки	м	2,20	1,00
X ₂	Длина сннца сеялки	м	3,13	1,80
X ₃	Масса приставки дисков	кг	810	610
X ₄	Масса сеялки	кг	1580	1380

Матрица планирования и результаты эксперимента прим в табл. 2.8.

Таблица 2.8

№ опыта	Факторы				
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	S, см
1	+	+	+	+	90,67
2	+	+	-	-	75,16
3	+	-	-	+	134,4
4	+	-	+	-	57,84
5	-	-	+	+	41,01
6	-	-	-	-	61,12
7	-	+	-	+	162,29
8	-	+	+	-	141,02

Ошибка опыта составила 9,23 см, вероятность результатов – 95 %.

На основе экспериментальных данных построили уравнение регрессии, которое описывает влияние параметров сеялки прямого сеева на её амплитуду колебаний при движении

$$y=95,82-5,54x_1+21,47x_2-13,19x_3+12,03x_4-28,82x_1x_2-2,84x_1x_3+ \\ +11,74x_1x_4+11,74x_2x_3-2,84x_2x_4-28,82x_3x_4.$$

Для данной матрицы планирования эксперимента результаты оценки эффектов взаимодействия некоторых факторов выделить не представляется возможным. Значимость коэффициентов уравнения регрессии определили по критерию Стьюдента. Расчетное значение t -критерия для факторов x_1, x_2, x_3, x_4 больше табличного значения для 75-99%-го уровня значимости. Следовательно, эти коэффициенты значимы.

Анализ коэффициентов регрессии показывает, что наибольшее влияние на отклонение сеялки от заданной траектории движения посевного агрегата оказывает увеличение длины сннца сеялки, при чем сила влияния становится 41,1%. Уменьшение массы приставки дисков приводит к уменьшению отклонений сеялки – на 25,3 %, а снижение массы сеялки – к увеличению отклонений до 23 %. Длина сннца приставки из всех перечисленных факторов имеет наименьшее влияние и составляет 10,6 %. Таким образом, можно сделать вывод, что данные эксперимента подтверждают результаты теоретических исследований в направлении влияния факторов.

Выводы

1. В условиях повышения рабочих скоростей движения агрегатов, ширины их захвата возрастают требования к параметрам машин, обеспечивающих стабильность их движения. Для решения таких задач используют теорию П.М. Василенко, основанную на использовании уравнения Лагранжа второго рода.

2. Практика решения систем дифференциальных уравнений, описывающих динамику функционирования сельскохозяйственных машин и агрегатов в целом, показала, что они могут решаться только численным методом и само решение можно получить крайне редко. Это объясняется тем, что в задачах земледельческой механики, как правило, решается обратная задача, в которой задаются силы, действующие на механическую систему, а определяется закон движения последней. Поэтому дифференциальное уравнение или их система решается только в том случае, если в начальный момент её движения силы, действующие на неё, будут находиться в равновесии.

3. Процессы, которые проходят в машинно-тракторных агрегатах при взаимодействии с внешней средой, имеют сложный вероятностный характер и не являются стационарными. Поэтому результаты решений дифференциальных уравнений не всегда могут удовлетворять необходимой степени адекватности реальным условиям. В реальных условиях наиболее вероятностный характер внешнего воздействия на машинные агрегаты являются постоянно по-

вторяющиеся дискретные скачки. Для изучения степени такого влияния на динамические системы проводили исследования на устойчивость движения.

4. В связи с наличием в машинных агрегатах управляющих механизмов и сравнительно небольшими значениями внешних возмущающих воздействий по отношению массы энергосредства, то исследование дифференциальных уравнений целесообразно проводить на асимптотическую устойчивость. Для построения функций возмущенного движения можно использовать второй метод Ляпунова. Исследование функций возмущённого и невозмущённого движения позволяет составить дифференциальное уравнение или их систему возмущения, решение которых и позволяет провести исследования на устойчивость механических систем.

5. Анализ результатов исследований математической модели динамики функционирования комбинированной почвообрабатывающей машины показал, что замена жёсткой рамы на шарнирно-соединенную обеспечила снижение её энергоёмкости более чем на 30 %.

"С целью минимализации тягового сопротивления, путем применения методов вариационного исчисления, получены рациональный профиль долота и лобовая поверхность наральника чизельного рабочего органа"

В.И. Мелник

ГЛАВА 3

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЧИЗЕЛЬНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

3.1 Обоснование геометрических параметров долота чизельной лапы

Обоснование геометрических параметров долота чизельной лапы производили с использованием прямого метода вариационного исчисления. Рациональный профиль долота определяли, задавшись условием, что его кривая проходит через фиксированные точки с заданным углом наклона в начальной точке. В этом случае вариационная задача ограничивалась условием: среди множества кривых, проходящих через две фиксированные точки и выходящих из начальной под заданным углом необходимо определить кривую, которая соответствует профильной линии долота чизельного рабочего органа с минимальным тяговым сопротивлением.

В такой постановке задачи при $H_0 = 0$; $X_k = 0,5$ м; $Z_k = 0,3$ м; $f = 0,5$; $Z'_0 = 0,57$; $X_0 = 0$; $Z_0 = 0$, получили профиль долота, который описывается уравнением.

Обоснование профиля долота проводилось с учётом его совместной работы с наральником при фиксированных граничных условиях и угле наклона касательной в начальной точке равном 30° . При локальном рыхлении почвы нет необходимости совместно с долотом использовать наральник и тем самым увеличивать тяговое сопротивление чизельного рабочего органа. В таком случае рациональный профиль долота целесообразно искать с одной плавающей граничной точкой.

Угол наклона касательной в начальной точке искомой кривой задавался на основании соответствующего угла наклона долота серийного рабочего органа чизельного плуга ПЧ-2,5. Однако анализ зависимостей максимальных напряжений на растяжение в почве, возникающих под действием клина показывает (см. рис. 3.1.), что даже при относительно высоком допустимом напряжении $[\sigma]_p = 8$ кН/м² при глубинах хода клина от 0,16 до 0,20 м оно достигается при угле, значение которого находится между 24 и 30° . Тогда постановка задачи формулируется следующим образом. Среди множества кривых, выходящих из заданной точки под углом 27° и проходящих через вторую граничную точку, смещающуюся по прямой $Z = Z_k$, найти кривую, которая описывает профиль долота с минимальным тяговым сопротивлением.

Для решения задачи воспользуемся методом прямого вариационного исчисления.

Искомый профиль задаём в виде уравнения, отвечающего условиям постановки задачи:

$$Z = -C_1 \left\{ \exp[C_2 X^2 (X_k - X)] - 1 \right\} + Z'_0 X + \frac{X^2 (Z_k - X_k Z'_0)}{X_k^2}, \quad (3.1)$$

где C_1, C_2 – искомые коэффициенты.

Значения постоянных коэффициентов C_1, C_2 и граничной точки X_k находим из решения следующей интегральной системы уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{\partial R_x}{\partial C_i} = \hat{a} \rho g^2 \int_{x_0}^{x_k} \left\{ \frac{(f + Z') \cdot Z'}{Z_k (f + (Z')^2)} \cdot \frac{\partial Z}{\partial C_i} + \left[1 - \frac{Z - H_0}{Z_k} \right] \times \right. \\ \left. \times \left[\frac{(3 + (Z')^2)(f + Z')}{(1 + (Z')^2)^2} + \frac{Z'}{1 + (Z')^2} \right] \frac{\partial Z'}{\partial C_i} \right\} (Z')^2 dx + F \Big|_{x=x_e} \frac{\partial \tilde{O}_e}{\partial \tilde{N}_3} = 0; \end{aligned}$$

$i = \overline{1;2}$;

$$x_k = \frac{F_1(f)}{2C_1 C_2} + \left[\left(\frac{F_1(f)}{2C_1 C_2} \right)^2 + \frac{z_k}{C_1 C_2} \right]; \quad (3.2)$$

где $F_1(f) = C_1 C_2 x_k + z_k / x_k$.

$$Z' = -2XC_1 C_2 \left(X_k - \frac{3}{2} X \right) \left\{ \exp[C_2 X^2 (X_k - X)] - 1 \right\} + Z'_0 + \frac{2X(Z_k - X_k Z'_0)}{X_k^2}$$

$$\frac{\partial Z}{\partial C_1} = -\exp[C_2 X^2 (X_k - X)] + 1;$$

$$\frac{\partial Z}{\partial C_2} = -C_1 X^2 (X_k - X) \exp[C_2 X^2 (X_k - X)];$$

$$\frac{\partial Z'}{\partial C_1} = -2XC_2 \left(X_k - \frac{3}{2} X \right) \left\{ \exp[C_2 X^2 (X_k - X)] - 1 \right\};$$

$$\frac{\partial Z'}{\partial C_2} = -2XC_1 \left(X_k - \frac{3}{2} X \right) \left\{ \exp[C_2 X^2 (X_k - X)] \cdot [C_2 X^2 (X_k - X) + 1] - 1 \right\}.$$

Систему уравнений решали численным методом при $f = 0,5$ м; $Z_0' = 0,51$; $X_0 = 0$; $Z_0 = 0$; $Z_k = 0,3$ м; $H_0 = 0$.

В результате решения системы уравнений (3.2) получили значения коэффициентов C_1 , C_2 и конечной координаты X_k , которые составили соответственно 1,425; 2,850 и 0,260 м.

Уравнение кривой, описывающей профиль долота минимального тягового сопротивления, запишется:

$$Z = -1,425 \left\{ \exp \left[2,850x^2 (0,26 - x) \right] - 1 \right\} + 0,51x + 2,47x^2. \quad (3.3)$$

Профиль долота показан на рис. 3.1.

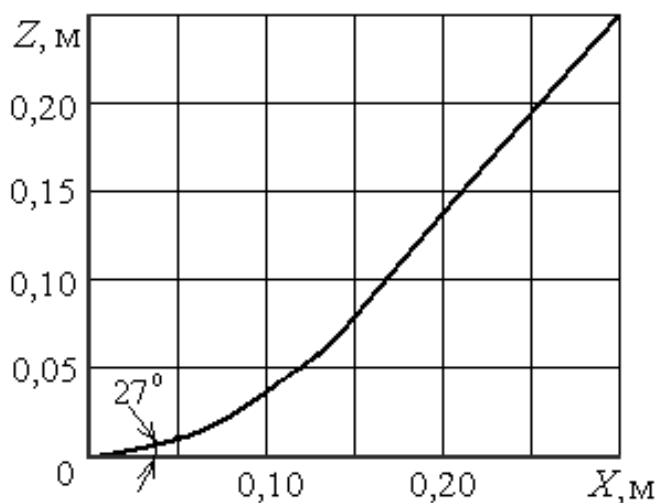


Рис. 3.1. Профиль долота чизельной лапы

Качество обработки почвы перед посевом определяется глубиной её обработки чизельными рабочими органами и расстоянием между ними. Причем эти два параметра связаны между собой. Увеличение глубины обработки почвы ведёт к повышению затрат энергии и ухудшает крошение почвы. Уменьшение глубины обработки почвы вызывает необходимость более плотной расстановки чизельных рабочих органов с целью исключения огрехов между ними. Это также увеличивает затраты энергии на обработку почвы и на забивание рабочих органов пожнивными остатками и сорняками. Деформация почвы под действием наральных чизельных рабочих органов распространяется под углом. Поэтому конструктивное обоснование системы расстановки чизельных рабочих органов является важным для совершенствования рабочего процесса комбинированной машины. Анализ процесса работы чизельных лап на машине АГРО-3 показывает, что их задача обеспечивать заданную глубину хода плоскорезающих лап в условиях повышенной плотности почвы, а также создать условия для улучшения накопления в почве влаги и воздуха. В связи с чем нет

необходимости перекрытия деформаций в почве, которые распределяются под воздействием чизельных лап.

На рис. 3.2. приведена схема распространения деформации в почве под действием чизельных рабочих органов.

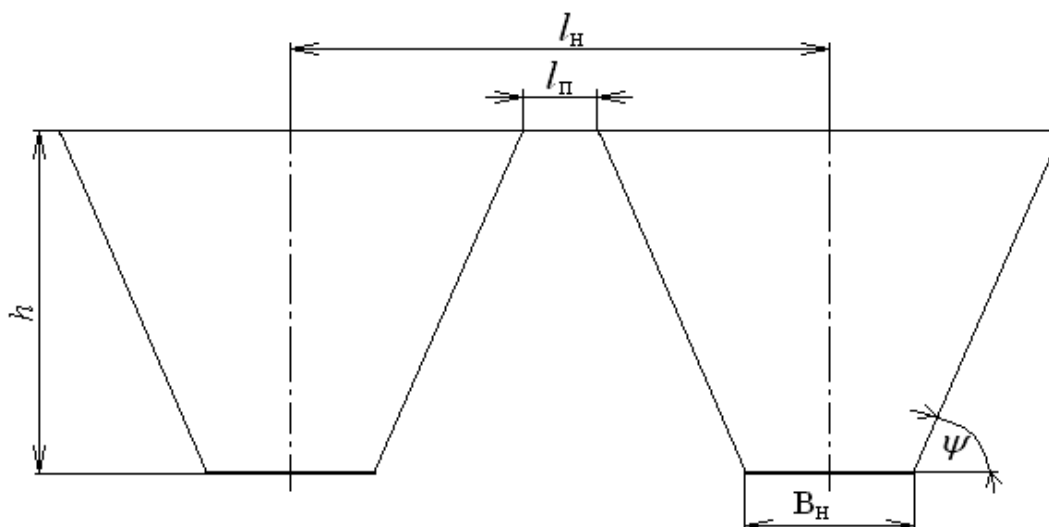


Рис. 3.2. Схема к определению расстояния между чизельными рабочими органами

Исходя из приведенной геометрии, можно определить расстояние между чизельными рабочими органами по формуле:

$$l_n = l_n + 2h \cdot \operatorname{ctg} \psi + B_n; \quad (3.4.)$$

где l_n – расстояние между долотами чизельных рабочих органов;

l_n – расстояние между обработанными полосами на поверхности поля;

B_n – ширина долота чизельного рабочего органа;

h – глубина хода чизельных рабочих органов.

Глубина хода чизельных рабочих органов и расстояние между обработанными полосами в условиях локального рыхления почвы определяется природно-климатическими условиями зоны, состоянием почвы и требованиями выращиваемой культуры. С одной стороны, увеличение такого расстояния способствует снижению затрат энергии на обработку почвы, с другой – ограничивается необходимостью создания условий для поддержания плодородия почвы. Поэтому выбор рационального соотношения между глубиной рыхления и расстоянием между взрыхленными полосами имеет важное эколого-экономическое значение,

особенно в условиях минимальных систем обработки почвы. Для решения этой проблемы необходимо провести специальные комплексные агрономические исследования.

Для комбинированной почвообрабатывающей машины АГРО-3 количество чизельных рабочих органов в зависимости от условий работы может устанавливаться от одного до пяти. При такой расстановке лап расстояние между взрыхленными полосами может регулироваться в пределах от 0,3 до 3 м.

На комбинированной машине АГРО-3 количество рабочих органов устанавливается от одного до пяти, в зависимости от условий, в которых она применяется. Чизельные лапы машины предназначены для взрыхления почвы на глубину до 16.18 см, а другие рабочие органы измельчают комочки почвы, тем самым создаются наиболее благоприятные условия заделывания семян сельскохозяйственных культур в почву. Большая часть энергетических усилий для приведения в действие комбинированной машины тратится чизельными лапами, так как они первыми действуют на необработанную почву, и обеспечивают необходимую глубину. Чизельные лапы изготавливают в виде долота с широким наральником, которые потом соединяют со стойкой.

Для обоснования параметров чизельной лапы, в частности геометрического профиля стойки, используем прямой метод вариационного вычисления. Обоснование наральника чизельной лапы проводили в два этапа. На первом этапе обосновывали профиль долота наральника с учетом зрения обеспечения необходимого углубления в почву при минимальных расходах энергии, на втором – профиль наральника минимальной энергоемкости по результатам исследований, связанных с обоснованием долота.

Для сохранения надежности металлосодержащих чизельных рабочих органов при углублении их в почву будем вести поиск рационального профиля, кривая которого проходит через фиксированные точки с заданным углом наклона касательной в исходной точке. Тогда вариационная задача формулируется таким образом. Среди многих кривых, которые проходят через фиксированные точки и выходят из начальной под заданным углом, найти такую кривую, которая бы отвечала профильной линии чизельной стойки минимального тягового сопротивления.

Энергетический функционал, который определяет тяговое сопротивление чизельной лапы, запишется:

$$R_x = v \cdot \rho \cdot g^2 \int_{x_0}^{x_k} \left[1 - \frac{Z - H_0}{Z_k} \right] \frac{Z^3 (f + Z')}{1 + Z'^2} dX. \quad (3.5)$$

Уравнения кривой будем искать в виде уравнения, которое бы удовлетворяло заданную постановку задачи, то есть кривая должна проходить через координаты предельных точек с заданным углом касательной в исходной точке:

$$Z = -C_1 \left\{ \exp[C_2 X^2 (X_k - X)] - 1 \right\} + Z'_0 X + \frac{X^2 (Z_k - X_k Z'_0)}{X_k^2}, \quad (3.6)$$

где C_1, C_2 – искомые коэффициенты.

Тогда

$$Z' = -2XC_1C_2 \left(X_k - \frac{3}{2}X \right) \left\{ \exp[C_2 X^2 (X_k - X)] - 1 \right\} + Z'_0 + \frac{2X(Z_k - X'_k Z'_0)}{X_k^2}. \quad (3.7)$$

После введения в уравнение (3.5) выражений формул (3.6) и (3.7) задача сводится к определению коэффициентов C_1 и C_2 . Для этого необходимо взять производные от полученных уравнений по коэффициентам и приравнять их к нулю

$$\frac{\partial R_x}{\partial C_i} = \hat{a} \rho g^2 \int_{x_0}^{x_k} \left\{ \frac{(f + Z') \cdot Z'}{Z_k (f + Z'^2)} \cdot \frac{\partial Z}{\partial C_i} + \left[1 - \frac{Z - H_0}{Z_k} \right] \left[\frac{(3 + Z'^2)(f + Z')}{(1 + Z'^2)^2} + \frac{Z'}{1 + Z'^2} \right] \frac{\partial Z'}{\partial C_i} \right\} Z'^2 dx = 0,$$

$$u = \overline{1;2}. \quad (3.8)$$

В результате решения на персональном компьютере системы уравнений при $H_0 = 0$; $X_k = 0,5$ м; $Z = 0,3$ м; $f = 0,5$ м; $Z'_0 = 0,57$ м; $X_0 = 0$; $Z_0 = 0$ получим значение коэффициентов C_1 и C_2 , которые соответственно равны 1,160 и 1,298.

Тогда искомый профиль долота опишется уравнением:

$$Z = -1,16 \left\{ \exp[1,298 X^2 (0,5 - X)] - 1 \right\} + 0,57 X + 0,06 X^2. \quad (3.9)$$

Кривая линия, построенная по уравнению (3.9), отображает профиль долота чизельного рабочего органа (рис. 3.3).

Наральник чизельного рабочего органа состоит из двух симметричных крыльев, которые работают в равных условиях. Поэтому для определения профиля наральника, достаточно рассмотреть одно крыло. При этом для обеспечения необходимого углубления чизельной стойки и получения ее минимальной энергоемкости, профиль долота, расположенного на продленные оси наральника, сохранен таким, какими он был обоснован при решении вариационной задачи в двухмерном пространстве.

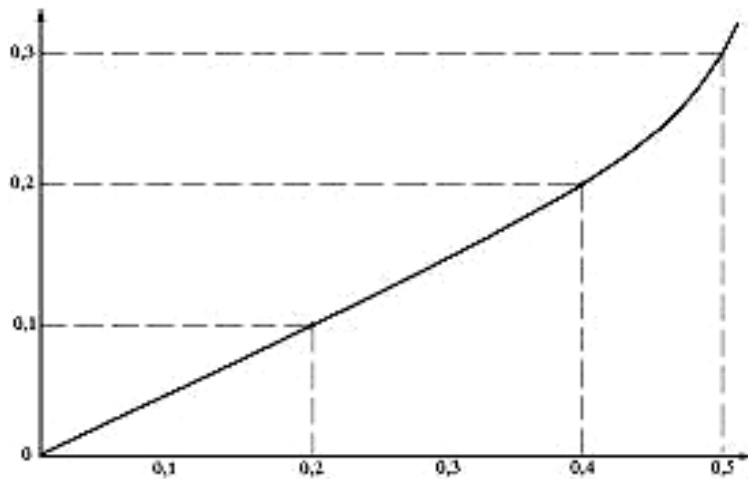


Рис. 3.3. Рациональный профиль долота чизельного рабочего органа

На поверхности крыла наральника выделяем элементарную площадку, на которую действует удельное давление почвы q и удельная сила трения dF . Последняя направлена в сторону движения пласта почвы на поверхности наральника. Однако профиль поверхности наральника нам неизвестный и определить закономерность движения пласта почвы по нему трудно. Поэтому для упрощения решения задачи будем считать, что элементарная сила трения направлена по касательной к искомой поверхности и находится в плоскости, параллельной плоскости XOZ . Последнее предположение основывается на том, что крыло наральника расположено близко к лемеху лобового резания.

Постановку вариационной задачи формулируем следующим образом. Из большого количества поверхностей $Z = f(xy)$, которые проходят через точки O , C , B и A , найти ту, которая бы обеспечила функционалу (3.10) экстремум. Для решения задачи используем метод вариационного исчисления Ритца и метод конечных элементов.

Энергетический функционал для определения тягового сопротивления крыла наральника имеет вид:

$$R_x = \int_0^{X_a} \int_0^{Y_{ci}} (q_x + dF) dX \cdot dY, \quad (3.10)$$

$$q_x = \rho g^2 \left[1 - \frac{Z}{H} \right] \frac{Z_x'^4}{(1 + Z_x'^2) \cdot (1 + Z_x'^2 + Z_y'^2)^{\frac{1}{2}}}, \quad (3.11)$$

$$dF = f \rho g^2 \left[1 - \frac{Z}{H} \right] \frac{Z_x'^3}{(1 + Z_x'^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad (3.12)$$

где H - глубина хода крыла наральника.

Спроектируем искомую поверхность на плоскость

XOY (рис. 3.4). Уравнения линий, которые ограничивают проекцию поверхности крыла, запишутся так:

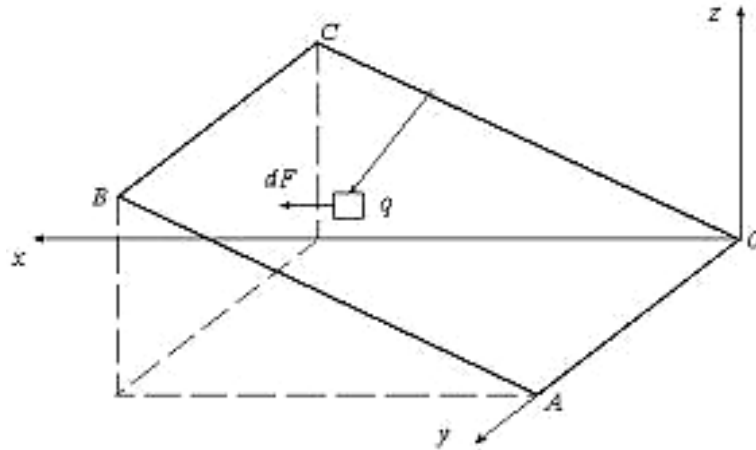


Рис. 3.4. Схема к обоснованию профиля крыла наральника

$$v = 0; \quad v = vse; \quad x = xa; \quad x = 0. \quad (3.13)$$

Кусково-линейную аппроксимацию искомой поверхности представляем в виде:

$$Z = \sum_{\kappa=1}^m C_{\kappa} \varphi_{\kappa}, \quad (3.14)$$

где C_{κ} – искомые коэффициенты; φ_{κ} – базисные функции.

Базисные функции являются линейными, кусково-непрерывными, равняются единице в узлах и нулю за области определения. Базисные функции определяются для всех элементов m , которые имеют связи с узлом K :

$$\varphi_{\kappa} = \sum_{n=1}^m \varphi_n^{ej}, \quad (3.15)$$

где $m = 20$.

Присваиваем номера узлам u, j и K с суровым сохранением порядка движения последовательности против часовой стрелки указанных индексов.

Система функций формы имеет вид

$$\varphi_j^{eo} = \begin{cases} -\frac{1}{2S} [(X - X_j) \cdot (Y_k - Y_j) - (Y - Y_j) \cdot (X_k - X_j)] & \text{при } (X; Y) \in \ell^0, \\ 0 & \text{при } (X; Y) \notin \ell^0, \end{cases} \quad (3.16)$$

$$\varphi_j^{\ell^0} = \begin{cases} -\frac{1}{2S} [(X - X_k) \cdot (Y_i - Y_k) - (Y - Y_k) \cdot (X_i - X_k)] & \text{при } (X; Y) \in \ell^0, \\ 0 & \text{при } (X; Y) \notin \ell^0, \end{cases} \quad (3.17)$$

$$\varphi_k^{\ell^0} = \begin{cases} -\frac{1}{2S} [(X - X_i) \cdot (Y_j - Y_i) - (Y - Y_i) \cdot (X_j - X_i)] & \text{при } (X; Y) \in \ell^0, \\ 0 & \text{при } (X; Y) \notin \ell^0. \end{cases} \quad (3.18)$$

Для нахождения значений коэффициентов C_k , которые бы обеспечили функционалу минимальное значение, продифференцируем уравнение (3.6) по C_k , приравнявая их к нулю

$$\frac{\partial RX}{\partial C_k} = \int_0^{X_A} \int_0^{Y_{ci}} \frac{\partial(q_x + dF)}{\partial C_k} dX dY = 0, \quad k = \overline{1, 20}. \quad (3.19)$$

Решения выполнялись на персональном компьютере при $X_A = 0,33$ м; $Y_{ci} = 0,14$ м; $f = 0,5$; $dx = 0,065$; $dy = 0,035$; $Z1 = 0,08$; $Z4 = 0$; $Z2 = 0,03$; $Z3 = 0,05$; $Z17 = 0,08$ м; $Z20 = 0,08$; $H = 0,16$ м; $Z5 = 0$; $Z12 = 0$; $Z13 = 0$.

В результате решения системы уравнения (3.19) находим значения искомых коэффициентов и определяем значение функции Z_k (рис. 3.5.)

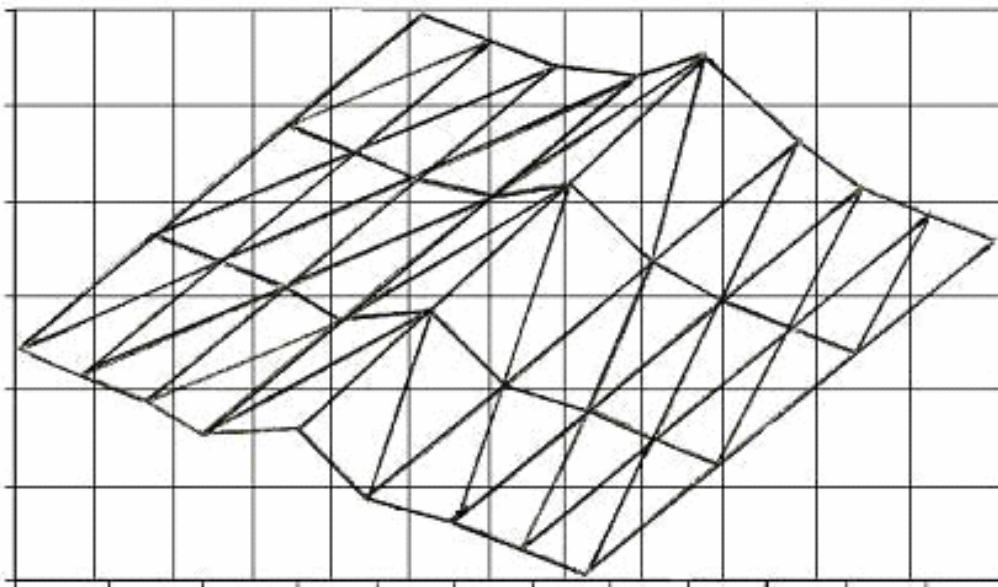


Рис. 3.5. Профиль наральника чизельного рабочего органа

Экспериментальные исследования по обоснованию параметров чизельных рабочих органов комбинированной машины АГРО-3 проводили в лабораторно-полевых условиях на

полигоне кафедры механизации и электрификации сельскохозяйственного производства Харьковского НАУ им. В.В.Докучаева. Критерием качественных показателей был структурный состав почвы после возделывания его серийными и экспериментальными долотами и широкими наральниками сопротивления.

Структурный состав почвы после возделывания серийными и экспериментальными наральниками приведен в табл. 3.1. Энергетические показатели оценивались величиной тягового сопротивления.

Таблица 3.1

Структурный состав почвы после возделывания серийным и экспериментальным наральником

Тип наральника	Фракции, мм					
	>30	30-20	20-10	10-0,25	<0,25	к-т структ.
Серийный	13,30	11,85	11,90	62,55	0,35	1,64
Экспериментальный	11,50	11,10	14,85	62,10	0,29	1,71

Анализ данных таблицы показывает, что коэффициент структуры почвы после её возделывания чизельными серийными и экспериментальными наральниками имеет почти одинаковое значение. Таким образом, на основе полученных результатов можно сделать вывод, что усовершенствование профилей наральников чизельных органов с точки зрения энергетических параметров работы чизельных органов не приводит к улучшению качества возделывания почвы.

Анализ тягового сопротивления чизельных рабочих органов показывает, что экспериментальное долото чизельного рабочего органа с серийным имеет меньшее сопротивление приблизительно на 18%. Усовершенствование профиля наральника обеспечивает снижение тягового сопротивления чизельного рабочего органа приблизительно на 35%.

Экспериментальные исследования подтверждают достаточную достоверность результатов теоретических исследований по обоснованию профиля наральников чизельных рабочих органов с точки зрения снижения их энергоёмкости.

Выводы:

Таким образом, на основании гипотезы об отделении клином пласта связной почвы путём её изгиба составлена математическая модель определения нормальных и касательных напряжений в почве под воздействием клина.

В результате исследований установлено следующее:

1. Процесс крошения почвы клином путём отрыва или сдвига определяется не только физико-механическими свойствами почвы и углом крошения, но и глубиной обработки. Для снижения размеров комков при обработке почвы с увеличением глубины её проведения угол крошения целесообразно увеличивать.

2. Для обработки почвы с высокими прочностными свойствами (черноземы среднего и тяжелого механического состава с влажностью менее 22 %) плоскорежущие лапы с углом крошения менее 18° целесообразно использовать для обработки на глубину до 0,10 м, почвы со средними прочностными свойствами – до 0,15 м, почвы с низкими прочностными свойствами – до 0,24 м.

3. Полученная нами математическая модель, которая описывает физическую сущность процесса крошения пласта почвы клином, может быть использована для нахождения рациональных углов крошения рабочих органов в зависимости от свойств почвы и глубины её обработки.

4. Обоснован профиль долота с точки зрения снижения его энергоёмкости, который описывается уравнением (3.3).

5. Получена аналитическая зависимость расстояния между долотами чизельных рабочих органов от ширины их захвата, глубины хода и заданного расстояния между взрыхленными полосами, которая описывается уравнением (3.4).

ГЛАВА 4

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА

4.1. Программа экспериментальных исследований

В задачи экспериментальных исследований входила проверка достоверности теоретических исследований изучения процесса взаимодействия с почвой клина, результатов исследований динамики функционирования механических систем на устойчивость, определение энергетических и качественных показателей работы рабочих органов комбинированной почвообрабатывающей машины и сеялки прямого сева.

Программа экспериментальных исследований включала:

- исследование процесса взаимодействия с почвой клина;
- изучение процесса взаимодействия с почвой чизельного рабочего органа;
- определение качественных и энергетических показателей предлагаемого чизельного рабочего органа;
- определение качественных и энергетических показателей предлагаемой комбинированной почвообрабатывающей машины;
- исследование показателей работы дисковой сошниковой системы с опорно-прикатывающим катком;
- изучение влияния параметров сошниковой системы на устойчивость её движения;
- определение качественных показателей работы сеялки прямого сева.

4.2. Описание экспериментальных установок

Для проведения экспериментальных исследований в лабораторных условиях использовали почвенный канал кафедры механизации и электрификации ХНАУ им. В.В. Докучаева (рис. 4.1).

Почвенный канал имеет длину 25 м, ширину – 4 м и глубину – 0,5 м. На стенках канала закреплены направляющие рельсы, на которые установлена тележка. Приводится тележка в движение с помощью тросового привода, который состоит из электродвигателя переменного тока, коробки передач автомобиля ЗИЛ-130, понижающего редуктора, муфты включения и барабана с тросовым приводом тележки. Скорость движения тележки почвенного канала изменяется в пределах 0,5...2,0 м/с.



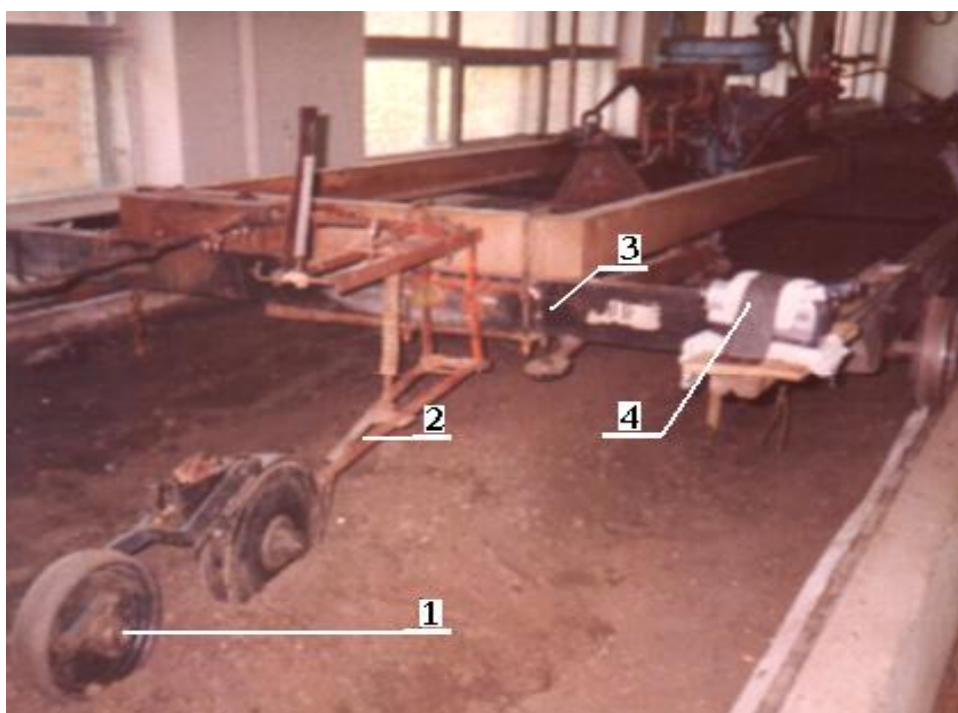
Рис. 4.1 Почвенный канал с тележкой и тросовым приводом

Для изучения процесса взаимодействия с почвой клина использовали специальный стенд (рис. 4.2), который состоит из ящика с одной прозрачной стенкой. В ящик засыпали слоями почву и меловые прослойки между ними. Стенд имеет длину 2,5 м, ширину – 0,5 м и глубину – 0,5 м.

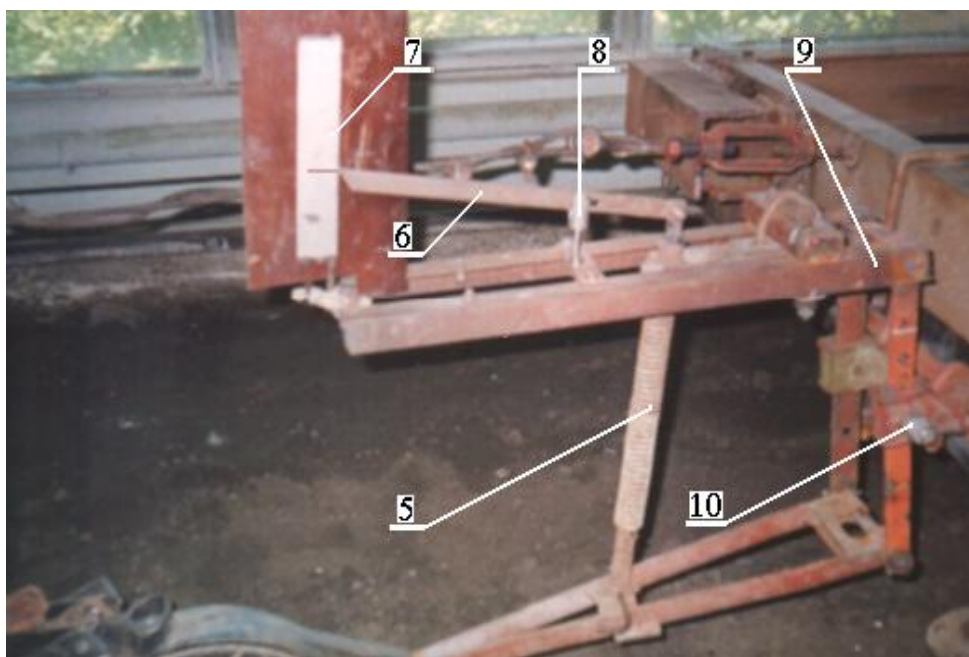


Рис. 4.2. Стенд для изучения процесса взаимодействия клина с почвой

Стенд установили в почвенном канале, а рабочие органы закрепили на его тележке. Установка для определения отклонений сошниковой системы от заданной траектории движения и исследования её на устойчивость в лабораторных условиях показана на рис. 4.3.



а) вид сзади



б) вид сбоку

Рис. 4.3. Общий вид установки для определения отклонений сошниковой системы от заданной траектории её движения:

1 – прикатывающий каток; 2 – поводок; 3 – приводная тележка; 4 – видеокамера; 5 – нажимная штанга; 6 – указатель; 7 – измерительная шкала; 8 – промежуточная опора; 9 – рамка; 10 – держатель

4.3. Методика проведения экспериментальных исследований

4.3.1. Исследование процесса взаимодействия клина с почвой

Эксперимент проводили с целью изучения влияния параметров и глубины хода клина на процесс его взаимодействия с почвой и сравнения полученных результатов исследований теоретическим и экспериментальным путём.

Эксперимент проводили в почвенном канале с использованием стенда для изучения процесса взаимодействия клина с почвой (см. рис. 3.2). В качестве параметров клина использовали угол крошения.

Почву перед закладкой в ёмкость стенда измельчали и просеивали на решете с круглыми отверстиями диаметром 10 мм. Затем почву перемешивали и увлажняли до 25...27 % влажности. После увлажнения почву засыпали в ёмкость слоями толщиной 0,02 м. Перед засыпкой почвы и после каждого слоя закладывали меловую прослойку. Почву в ёмкости просушивали до влажности 24 % и проводили эксперимент в соответствии с матрицей.

4.3.2. Определение физико-механических свойств почвы

При оценке условий проведения экспериментов и качественных показателей работы машин и орудий в целом, а также рабочих органов в отдельности определялись следующие физико-механические свойства почвы: влажность, плотность, твердость, структурный состав и коэффициент структурности. Физико-механические свойства почвы определялись в соответствии с ОСТ 70.2.15-73.

Влажность почвы определялась методом термической сушки, плотность – методом режущего кольца, твердость – с помощью твердомера ВИСХОМа, структурный состав – методом просеивания и коэффициент структурности – как отношение массы агрономически ценных комочков (0,25...10,0 мм) до суммы масс комочков > 10,0 мм и < 0,25 мм.

В процессе проведения эксперимента определяли угол скалывания почвы, пройденный путь клином до начала процесса скалывания и преобладающий вид деформации почвы, который приводит к скалыванию почвы сдвигом или отрывом.

4.3.3. Исследование показателей работы дисковой сошниковой системы с опорно-прикатывающим катком

В качестве параметра оптимизации принимали значение коэффициента вариации линейных отклонений от установленной глубины хода сошника.

При изучении влияния на параметр оптимизации выбрали шесть факторов, которые наиболее существенно на него влияют: длина поводка сошниковой системы, скорость движения, точка крепления нажимной штанги, начальный угол наклона поводка в точке присоединения к раме, жесткость нажимной пружины и масса сошника.

Эксперимент проводили на двух уровнях варьирования факторов, обозначенных знаками «+» и «-», которые соответствуют верхнему и нижнему уровню. Кодовые обозначения и уровни варьирования факторов представлены в табл. 4.1.

Для проведения исследований составили матрицу планирования полнофакторного эксперимента 2^6 с использованием $\frac{1}{8}$ – реплики. Строки выбирали так, чтобы в матрице не было однотипных столбцов и столбцов, произведения которых на любой другой не давало бы столбцов с одинаковыми знаками. Матрица планирования проводимого эксперимента представлена в табл. 4.2.

Таблица 4.1

Кодовые обозначения и уровни варьирования факторов

Факторы	Кодовые обозначения	Единицы измерения	Уровни	
			+	-
1. Длина поводка	x ₁	м	1,04	0,72
2. Скорость движения	x ₂	м/с	1	0,50
3. Точка крепления нажимной штанги	x ₃	м	за сошник	перед сошником
4. Начальный угол на поводка	x ₄	градус	70	85
5. Жесткость нажимной пружины	x ₅	Н/м	4615	2544
6. Масса сошника	x ₆	кг	10,9	9,4

Таблица 4.2

Матрица планирования 2⁶⁻³

Фактор № опыта	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆
1	+	+	+	+	+	+
2	+	-	+	-	+	-
3	-	+	+	-	-	+
4	-	-	+	+	-	-
5	+	+	-	+	-	-
6	+	-	-	-	-	+
7	-	+	-	-	+	-
8	-	-	-	+	+	+

Эксперименты проводили в лабораторных условиях, а именно, в почвенном канале. Для этого обработали полосу почвы шириной 0,8 м и глубиной 0,2 м. Обработка почвы происходила с увлажнением водой и многократным ее оборачиванием. Для получения равномерного структурного состава почвы ее сепарировали на решетках. Уплотнение почвы происходило за счет ее оседания. Устанавливали соответствующую скорость движения и включали привод с присоединенной сошниковой системой. Проходы сошника осуществляли при постоянной скорости движения на участке длиной 6 м и при глубине хода сошника 6 см. После изменения соответствующих факторов сошниковой системы осуществляли очередные проходы сошника на участке. При движении сошника отклонения от глубины хода снимали по показанию показателя отклонений на шкале и фиксировали на видеокамеру, закрепленную неподвижно на раме тележки.

После проведения всех опытов выполнили тарирование показаний указателя отклонений для каждого варианта в зависимости от принимаемых возмущений по общеизвестным методикам. Затем осуществили окончательное снятие первичных показаний отклонений от глубины хода сошника на участках с помощью замедленного просмотра видеозаписи на ЭВМ. Сняв первичные показания максимальных и минимальных отклонений на определенных промежутках времени, пересчитали их с учетом полученных коэффициентов тарирования.

Чтобы учесть возможные случайные факторы, выполнили выбраковку полученных данных. Для этого определили среднее значение отклонений, среднеквадратическое отклонение при условии, что граничные отклонения будут находиться в пределах $\pm 2 \sigma$ от среднего значения.

В связи с тем, что очень сложно добиться однородного состава почвы для данного эксперимента, необходимо привести данные к соизмеримым величинам по каждому варианту. Для этого нашли приращение от среднего значения отклонения по выражению:

$$\pm \Delta_i = |\bar{a}| \cdot \pm \cdot a_i;$$

где \bar{a} – среднее значение отклонения, мм;

a_i – текущие значение отклонения, знак «+» для увеличения и знак «-»

для уменьшения глубины от \bar{a} , мм.

С учетом глубины хода сошника, которую приняли за среднее значение отклонений и выполненных операций, получили результаты по равномерности хода сошника по глубине. После чего определили параметры оптимизации по повторностям и вариантам, выраженные через коэффициент вариации по формуле:

$$v = \frac{S}{a} \cdot 100 \%,$$

где S – среднеквадратическое отклонение, определяемое по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (a_i - \bar{a})^2}{n-1}},$$

где n – количество данных.

Проверку достоверности полученных результатов проводили с применением методов дисперсного анализа и математической статистики. Достоверность влияния факторов определялась с помощью критерия Фишера:

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_t^2},$$

где σ_x^2 – факториальная дисперсия;

σ_t^2 – случайная дисперсия.

Для значимых вариантов вычисленное значение F -критерия должно быть больше табличного, которое выбирается в зависимости от заданного уровня значимости и числа степеней свободы. Обработка и анализ конечных результатов эксперимента выполнялась с использованием методов наименьших квадратов. Для данного случая уравнение выбираем в виде:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_5 x_5 + b_6 x_6,$$

где $b_0, b_1, b_2, \dots, b_6$ – определяемые коэффициенты;

$x_0, x_1, x_2, \dots, x_6$ – факторы эксперимента.

Данное уравнение регрессии описывает влияние параметров сошниковой системы на равномерность хода сошника по глубине. Анализ коэффициентов этого уравнения определит степень и направление влияния факторов.

4.3.4. Исследование сошниковой системы на устойчивость движения

Эксперименты проводили с целью определения достоверности теоретических исследований по определению влияния массы сошника, начального угла наклона и жесткости пружины нажимной штанги на устойчивость движения системы. Место проведения – почвенный канал (см. рис. 4.1, 4.3) с использованием видеокамеры. Уровни варьирования факторов выбирались в соответствии с результатами теоретических исследований по обоснованию их рациональных параметров при решении дифференциального уравнения, описываю-

щего динамику функционирования сошниковой системы, и при исследовании системы на устойчивость движения. Кодирование факторов и уровень их варьирования приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Кодирование факторов и уровень их варьирования

№ п/п	Наименование факторов	Кодовое обозначение	Уровни варьирования факторов	
			+	-
1	Масса сошника, кг	X_1	6	4
2	Начальный угол наклона поводка, град.	X_2	85	80
3	Жесткость пружины, Н/м	X_3	1700	1200

Перед проведением экспериментов почву взрыхливали и выравнивали. Для возмущения системы в канале на расстоянии 1 м укладывались возмутители сошниковой системы три деревянные планки толщиной 25 мм (рис. 4.4).



Рис. 4.4. Подготовка почвенного канала для проведения исследований на устойчивость сошниковой системы

После включения привода тележки почвенного канала сошниковая система приводилась в движение. При наезде сошниковой системы на деревянные планки движение её возмущалось и со временем возвращалось до исходного состояния. Процесс снимали на видеокамеру и при замедленном просмотре определяли через время путь, необходимый для возвращения системы до невозмущённого движения.

4.3.5 Экспериментальные исследования технологических процессов и рабочих органов машин для обработки почвы

При проведении экспериментов и нахождении качественных показателей работы машин и нахождении орудий в целом, а также рабочих органов в отдельности определяли следующие физико-механические свойства почвы: влажность, плотность, твердость, структурный состав и коэффициент структурности. Физико-механические свойства почвы определяли в соответствии с ОСТ 70.2.15-73.

Влажность почвы находили методом термической сушки, плотность – методом режущего кольца, твердость – с помощью твердомера ВИСХОМа, структурный состав – методом просеивания, коэффициент структурности – как отношение массы агрономически ценных комочков (0,25...10,0 мм) до суммы масс комочков > 10,0 мм и < 0,25 мм.

Эксперимент проводили с целью изучения влияния параметров и глубины хода клина на процесс его взаимодействия с почвой и сравнения результатов исследований с данными, полученными теоретическим и экспериментальным путём.

При этом использовали стенд для изучения процесса взаимодействия клина с почвой. В качестве параметров клина применяли угол крошения.

Почву перед закладкой в ёмкость стенда измельчали и просеивали на решетке с круглыми отверстиями диаметром 10 мм. Затем почву перемешивали и увлажняли до 25...27 % влажности. После увлажнения почву засыпали в ёмкость слоями толщиной 0,02 м. Перед засыпкой почвы и после каждого слоя закладывали меловую прослойку. Почву в ёмкости просушивали до влажности 24 % и проводили эксперимент в соответствии с матрицей, приведенной в табл. 4.4.

В процессе проведения эксперимента определяли угол скалывания почвы, пройденный клином путь до начала процесса скалывания и преобладающий вид деформации почвы, который приводит к скалыванию почвы сдвигом или отрывом.

Матрица эксперимента по изучению процесса взаимодействия клина с почвой

№ п/п	Глубина хода клина, М	Угол крошения клина, град.
1	0,04	15
2	0,06	15
3	0,08	15
4	0,10	15
5	0,04	25
6	0,06	25
7	0,08	25
8	0,10	25
9	0,04	35
10	0,06	35
11	0,08	35
12	0,10	35

Перед проведением эксперимента в ёмкости стенда с помощью лопаты делали вертикальный срез почвы, подводили до него клин и устанавливали заданные углы крошения и глубины хода (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Схема положения клина перед началом проведения эксперимента

В процессе проведения эксперимента определяли угол скалывания почвы, пройденный путь клином до начала процесса скалывания и преобладающий вид деформации почвы, который приводит к скалыванию почвы сдвигом или отрывом.

Тележку почвенного канала с клином перемещали с малой скоростью ($v < 0,05$ м/с) до момента начала процесса скалывания пласта почвы клином, который определяли ви-

зуально. После остановки тележки пройденный клином путь фотографировали и измеряли с помощью линейки. Углы скалывания пласта почвы определяли с помощью транспортира на фотографии. О преобладающем виде деформации почвы делали вывод по характеру изменения положений меловых прослоек ёмкости стенда.

Предполагалось определение зон деформации в почве, которые возникают под действием чизельных рабочих органов. При этом изучалась зависимость распределения деформаций от ширины чизельных наральников и глубины обработки. Проводились эксперименты в лабораторно-полевых условиях с использованием экспериментальной установки, которая показана на рис. 4.6.



Рис. 4.6. Лабораторно-полевая установка для изучения процесса взаимодействия с почвой чизельных рабочих органов

К раме установки жестко крепили стойку чизельного рабочего органа, на которой устанавливали наральники шириной захвата 0,07; 0,125 и 0,285 м. Глубину обработки регулировали в пределах от 0,15 до 0,25 м с помощью перемещения в вертикальной плоскости опорных колес экспериментальной лабораторно-полевой установки.

Экспериментальную установку агрегатировали с трактором МТЗ-82, у которого во всех вариантах экспериментов использовали IV передачу и максимальную подачу топлива в цилиндры двигателя. Эксперименты проводили на полигоне кафедры механизации сельскохозяйственного производства Харьковского национального аграрного университета им. В.В. Докучаева. Для этого был выбран участок размером 10 x 300 м, который на протяжении года не обрабатывали. Во время эксперимента влажность поч-

вы была близкой к состоянию её физической спелости. Длина зачетного участка равнялась 25 м.

После прохода агрегата разрыхленная почву вынимали из борозды, которая возникла в результате действия на неё чизельных рабочих органов, и измеряли её параметры. Эксперименты проводили в трехкратной повторности.

Исследовали распространение деформаций в почве в зависимости от ширины наральника чизельного рабочего органа и глубины его хода. Наральники использовали с шириной захвата 0,07; 0,125 и 0,285 м с регулированием глубины обработки от 0,15 до 0,25 м.

Показатели энергозатрат при работе чизельных рабочих органов определяли в лабораторных условиях с использованием почвенного канала. Стойку чизельного рабочего органа крепили к динамометрическому грядилю тележки. Между внутренней рамой тележки и грядилем крепили тензодатчик, который подключали к осциллографу через усилитель. На стойку чизельного рабочего органа по очереди крепили серийные и экспериментальные долота. Глубину почвы для серийных и экспериментальных наральников устанавливали одинаковой.

Для проведения исследований почву в канале разрыхляли и поливали водой. После просыхания почвы до влажности 22...24 % проводили эксперименты в трехкратной повторности. Длина зачетной делянки равнялась 2 м.

Показатели качества работы чизельных рабочих органов с серийными и экспериментальными долотами определяли в полевых условиях. Эксперименты проводили при влажности почвы до 22 % в трехкратной повторности и при одинаковой скорости движения агрегата. При проведении экспериментов использовали установку, которая показана на рис. 4.6.

Качественные показатели обработки почвы оценивали структурным составом, который определяли после проходов агрегата с экспериментальными и серийными рабочими органами.

На рис. 4.7 и 4.8 показаны процессы разрушения путём отрыва и сдвига соответственно. При сдвиге пласта почвы характер изменения формы меловой прослойки по направлению поверхности скалывания был одинаковым во всех слоях, расположенных по глубине обработки. При отрыве начинается процесс разрушения меловой прослойки возле лезвия клина.

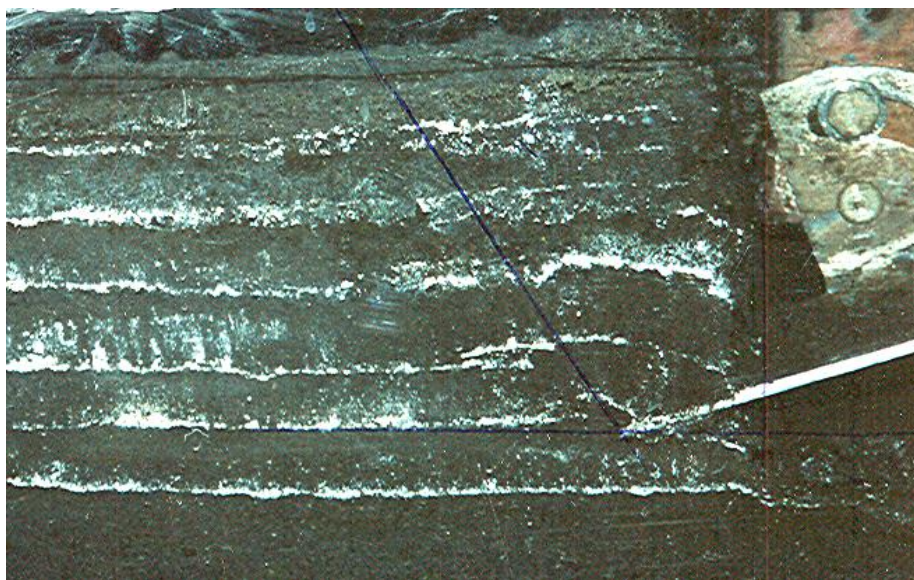


Рис. 4.7. Схема установки скалывания пласта почв путём отрыва

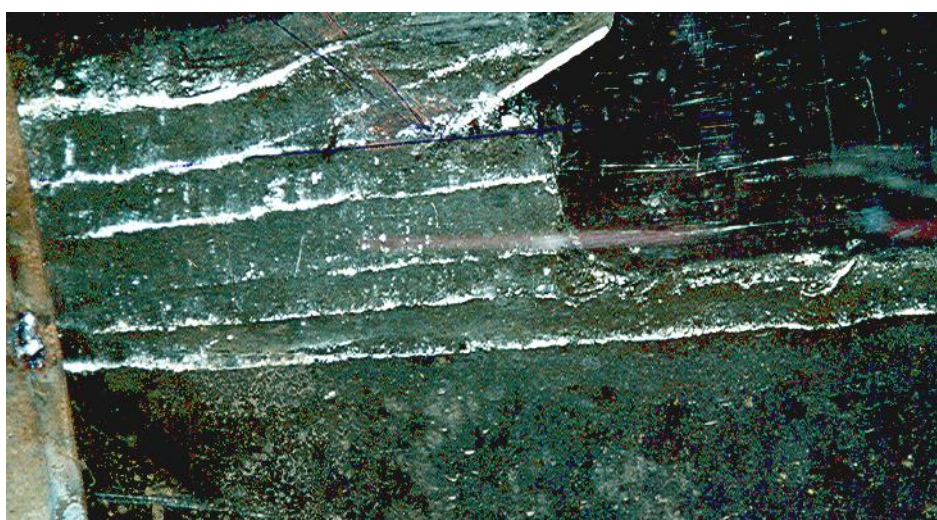


Рис. 4.8. Схема установки скалывания пласта почвы путём сдвига

С целью снижения влияния на процесс скалывания пласта почвы случайных факторов порядок проведения опытов рандомизировали. Эксперимент по изучению процесса взаимодействия клина с почвой проводили при влажности почвы 24 % в двукратной повторности.

Изучали влияние параметров работы клина, в частности угла крошения и глубины хода в почве, на угол скалывания пласта, величину пройденного пути до начала процесса скалывания и его характера. Результаты проведенных исследований приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Результаты эксперимента по изучению процесса взаимодействия клина с почвой

№ п/п	Глубина хода клина, м	Угол крошения, град.	Пройденный путь до начала процесса скалывания, м·10 ⁻³			Угол скалывания, град.			Вид процесса скалывания
			Повторности			Повторности			
			1	2	Сред.	1	2	Сред.	
1	0,04	15	30	32	31,0	40	41	40,5	Сдвиг
2	0,06	15	40	41	40,5	42	43	42,5	Отрыв
3	0,08	15	55	53	54,0	49	48	48,5	Отрыв
4	0,10	15	62	59	60,5	52	51	51,5	Отрыв
5	0,04	25	26	24	25,0	37	38	37,5	Сдвиг
6	0,06	25	33	31	32,0	43	42	42,5	Отрыв
7	0,08	25	43	44	43,5	48	45	46,5	Отрыв
8	0,10	25	51	49	50,0	52	48	50,0	Отрыв
9	0,04	35	22	23	22,5	35	36	35,5	Сдвиг
10	0,06	35	28	26	27,0	43	39	41,0	Отрыв
11	0,08	35	35	37	36,0	48	46	47,0	Отрыв
12	0,10	35	42	44	43,0	51	52	51,5	Отрыв

Статистическая обработка экспериментальных данных показывает, что фактор влияния глубины хода клина на величину пройденного пути до начала процесса скалывания пласта почвы составляет 72,67 %, угла крошения – 17,45 %, их парного взаимодействия – 2,38 %. Наименьшая существенная разница по факторам глубины хода клина и угла крошения соответственно равна 5,88 и 5,09.

Влияние глубины хода клина, угла крошения и их парного взаимодействия на угол скалывания пласта почвы составляет соответственно 90,69 %, 2,71 % и 2,63 %, наименьшая существенная разница по факторам 1,87 и 1,62. Достоверность данных таблицы составила 95 %.

Анализ результатов таблицы показывает, что угол скалывания практически не зависит от угла крошения пласта почвы клином. Величину угла скалывания определяли глубиной обработки почвы (рис. 4.9). Изменение глубины хода клина от 0,04 до 0,10 м способствовало увеличению угла скалывания от 35 до 50°. Причем интенсивность роста угла скалывания с увеличением глубины хода клина снижалась.

На рис. 4.10 представлена зависимость пройденного пути клином в почве до начала процесса скалывания её пласта. Анализ данных графика подтверждает результаты теоретических исследований об увеличении длины сколотого пласта с возрастанием глубины обработки почвы и снижением угла крошения клина.

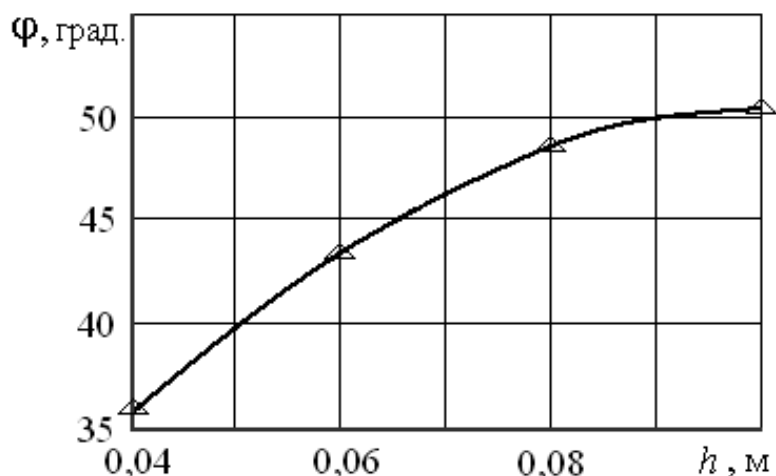


Рис. 4.9. Зависимость угла скалывания пласта почвы от глубины хода клина

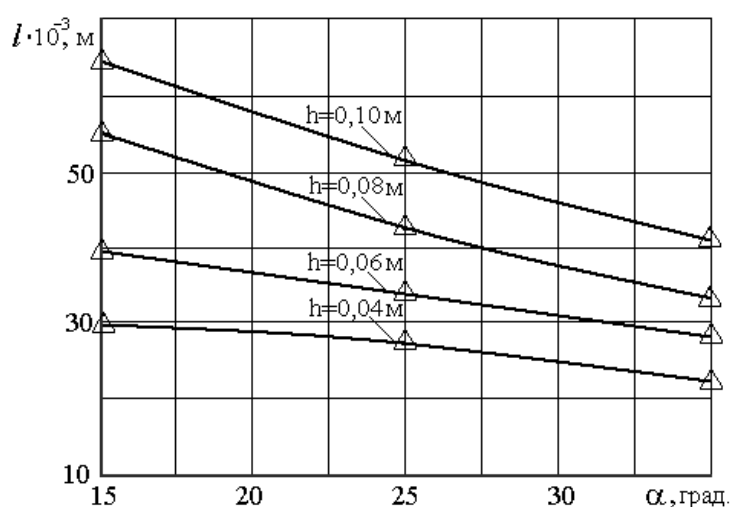


Рис. 4.10. Зависимость пройденного клином пути в почве до начала процесса скалывания её пласта

Анализ вида деформаций (табл. 4.2) скалывания пласта почвы, которая находится в фазе физической спелости, определяется глубиной хода клина и практически не зависит от угла крошения. На малых глубинах обработки почвы (до 0,04 м) основным видом деформации является сдвиг почвы, что также подтверждает результаты теоретических исследований.

Эксперименты проводили при влажности и плотности почвы соответственно 22,5 % и 1,25 г/см³. Скорость движения агрегата в экспериментах равнялась 8,2 км/ч. Определяли профиль бороздки, которая возникла после прохода чизельного рабочего органа (рис. 4.11). Замеряли её ширину в нижней плоскости и на уровне поверхности почвы. Обработка результатов исследований показала, что ширина бороздки в нижней её части равнялась ширине захвата наральных. Значение ширины борозды на уровне поверхности поля в зависимости от ширины наральных и глубины их хода приведено в табл. 4.6.



Рис. 4.11. Определение параметров борозды после прохода чизельного рабочего органа

Таблица 4.6

Ширина борозды на уровне поверхности поля, которая определена после прохода чизельного органа, м·10⁻²

Ширина захвата нарального, м·10 ⁻²	Глубина обработки почвы, м·10 ⁻²		
	15	20	25
7,0	15	21	26
12,5	22	28	38
28,5	43	54	71

Поперечный разрез борозды имел вид равнобедренной трапеции. Поэтому угол наклона стенки борозды определяли по формуле:

$$\alpha_{\delta} = \frac{2h}{e_1 - e_2},$$

где h – глубина обработки почвы;

e_1 – ширина борозды на уровне поверхности поля;

e_2 – ширина борозды в нижней его части.

После обработки экспериментальных данных табл. 4.6 получены зависимости угла наклона стенки борозды от ширины захвата нарального при разных глубинах хода в почве. Графическая зависимость угла наклона стенки борозды от ширины захвата нарального при разных глубинах обработки приведена на рис. 4.13.

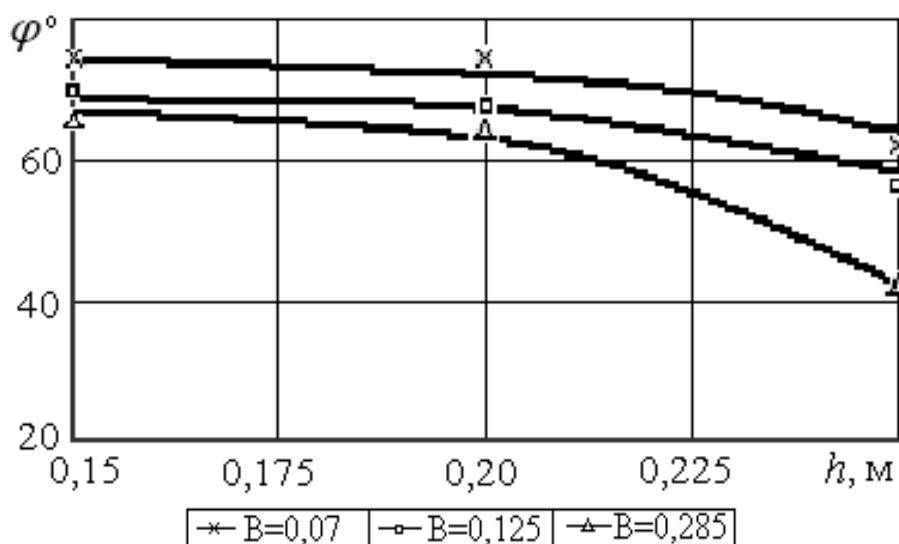


Рис. 4.12. Зависимость угла наклона стенки борозды от ширины захвата нарального при разных глубинах обработки почвы

Дисперсионный анализ полученных результатов показывает, что доля глубины обработки, ширины захвата рабочего органа и парного их взаимодействия на значение угла наклона стенки борозды составляет соответственно 92,28; 5,58 и 0,85 %. Таким образом, угол распределения деформаций в почве под действием чизельного нарального в основном зависит от глубины его хода, что совпадает с результатами наших исследований. Полученные данные достоверны с вероятностью 95 %, наименьшая существенная разница не превышает 0,24 %.

Из графика видно, что при увеличении ширины захвата наральных и глубины их хода угол наклона стенки борозды уменьшается и изменяется в пределах 45...75°. Данные исследований были использованы в теоретической части при определении схемы расположения на раме чизельных рабочих органов.

Для определения снижения энергозатрат при замене серийного нарального чизельного рабочего органа на долото для локального рыхления почвы в лабораторных условиях определены их тяговые сопротивления, которые приведены в табл. 4.7.

Зависимость тягового сопротивления чизельного рабочего органа от ширины нарального при разной глубине обработки почвы показана на рис. 4.13. Эксперименты проводились при скорости движения агрегата 7,2 км/ч и влажности почвы 23,1 %.

Тяговое сопротивление чизельных рабочих органов, Н

Тип рабочего органа (серийного)	Повторность			Среднее
	1	2	3	
Наральник	2080	2200	2000	2110
Долото	1090	1100	1310	1160

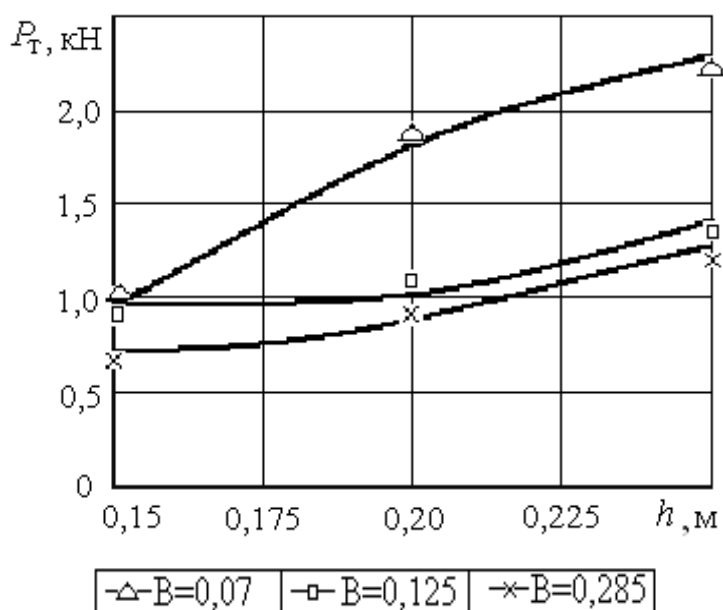


Рис. 4.13. Зависимость тягового сопротивления чизельного рабочего органа от ширины наральника при разных глубинах обработки почвы

На тяговое сопротивление чизельного рабочего органа наибольшее влияние оказала глубина его хода до 70,12 %. В меньшей степени на тяговое сопротивление чизельного рабочего органа влияла ширина наральника и парное их взаимодействие с глубиной хода, составившие соответственно 26,01 и 2,71 %. Полученные результаты достоверны на 95 %, наименьшая существенная разница равняется 110,7 Н.

Эксперименты проводились в лабораторно-полевых условиях при влажности почвы 22,5 %, плотности 1,25 г/см³, скорости движения агрегата 8,4 км/час и глубине обработки 0,2 м.

На рис. 4.14 показаны серийный и экспериментальный долота комбинированной машины. Профиль экспериментального долота обоснован результатами проведенных теоретических исследований с точки зрения уменьшения его энергетических показателей.



а) серийное



б) экспериментальное

Рис. 4.14. Долота чизельного рабочего органа:

а – серийное; б - экспериментальное

Таблица 4.8

Структурный состав почвы после обработки чизельным рабочим органом с серийным долотом

№ повторности	Фракции, мм					
	> 30	30–20	20–10	10–0,25	<0,25	к-т структ.
1	19,70	17,50	13,10	48,30	1,40	0,93
2	26,80	10,31	12,37	49,40	1,03	0,97
Сред.	23,25	13,90	12,70	48,90	1,21	0,95

Анализ данных табл. 4.8 и 4.9 показал, что коэффициент структурности почвы после её обработки чизельными органами с долотом и серийными и экспериментальными наральниками имеет практически одинаковое значение. Таким образом, на основе полученных результатов можно сделать вывод, что усовершенствование профилей наральников чизельных органов с точки зрения энергетических параметров работы чизельных органов не привело к ухудшению качества обработки почвы.

Таблица 4.9

Структурный состав почвы после обработки чизельным рабочим органом с экспериментальным долотом

№ повторности	Фракции, мм					
	>30	30–20	20–10	10–0,25	<0,25	к-т структ.
1	17,32	13,58	17,21	51,18	0,7	1,04
2	17,96	21,56	14,37	52,69	0,59	1,10
Сред.	17,64	17,57	15,79	52,28	0,64	1,07

Тяговое сопротивление чизельных рабочих органов с долотами и наральниками приведено в табл. 4.10.

Дисперсионный анализ полученных данных показал, что они достоверны с вероятностью 95 %. Сравнение тяговых сопротивлений серийного и экспериментальных долот свидетельствует о снижении энергоемкости последних. Так в сравнении с серийным долотом экспериментальное долото имеет сопротивление ниже на 23 %, а долото для локального рыхления – на 28 %.

Таблица 4.10.

Тяговое сопротивление чизельных рабочих органов, Н

Вид долота	Повторность			Среднее
	1	2	3	
Серийное	1180	1290	1150	1207
Экспериментальное	880	910	990	927
Экспериментальное для локального рыхления почвы	830	900	880	870

Дисперсионный анализ данных на изучение влияния профиля широких наральников на тяговое их сопротивление показывает, что доля влияния фактора равняется 97,04 %, полученные данные достоверны с вероятностью 95 %.

Анализ данных табл. 4.10 показывает, что чизельный рабочий орган с экспериментальным долотом в сравнении с серийным имеет меньшее сопротивление приблизительно на 24 %, а с экспериментальным долотом для локального рыхления почвы – на 28 %.

Таким образом, экспериментальные исследования подтверждают достоверность результатов теоретических исследований по обоснованию профиля долота чизельного рабочего органа с точки зрения снижения их энергоемкости с сохранением качества крошения почвы.

Результаты производственных испытаний машины показали, что использование на ней подвесок и рабочих органов культиватора КПС-4 при работе в условиях повышенного содержания растительных остатков приводит к их забиванию. На основании результатов исследований Я.С. Гукова сплошное рыхление почвы можно заменить локальным. При этом нарральники чизельных рабочих органов меняются на долота. Последнее способствует снижению сопротивления рабочих органов в 1,8 раза. Предлагается следующая схема расстановки на раме машины рабочих органов: чизельные лапы с долотами, плоскорежущие лапы и измельчающие диски. В таком случае сопротивление машины составляет 9665 Н/м, что в сравнении с 7 вариантом ниже на 5,5 %.

4.4.1. Описание экспериментальной машины АПП-6

Сеялка АПП-6 (рис. 4.15) состоит из двух шарнирно соединенных рам, и вентилятора на одной из которой установлен бункер для семян с пневматическим централизованным высевающим аппаратом, на другой находятся двадцать плоскорежущих лап соединенных семяпроводами с распределителем семян. На задней части рамы установлена борона для равномерного распределения растительных остатков по поверхности поля.



Рис. 4.15 Общий вид сеялки прямого сева АПП-6

Семена из бункера через дозирующий аппарат и распределитель перемещаются по семяпроводам к лапам, которые заделывают их в почву.

4.4.2. Описание экспериментальной машины «Мелания»

Сеялка прямого сева «Мелания» (рис. 4.16) состоит из основной рамы и 3-х рабочих секций. К основной раме шарнирно присоединены креплениями три рабочих секции, на которых установлены пятнадцать стрельчатых лап. Каждая секция опирается на переднее колесо и задние опорно-прикатывающие колеса. Такая конструкция обеспечивает копирование поверхности поля рабочими органами, что способствует улучшению равномерности заделки семян в почву. Гидроподжимная система секций обеспечивает необходимое заглубление рабочих органов в почву.

На задней части рамы расположен бункер для семян и удобрений с высевающим и дозирующим устройством.



Рис. 4.16 Сеялка прямого сева «Мелания»

Семена и удобрения из бункера через дозирующий аппарат подаются в распределитель, от которого через семяпроводы попадают уже в рыхлую, подготовленную стрельчатыми лапами почву, после чего прикатываются опорными катками секции сеялки.

4.4.3. Описание экспериментальной машины «Грейт Плэйнз»

Ко второму типу сеялок прямого сева относится американская сеялка «Грейт Плэйнз» (рис. 4.17), которая состоит из почвообрабатывающей приставки и сеялки с дисковыми сошниковыми системами.

Рабочими органами почвообрабатывающей приставки являются волнистые диски, которые в процессе работы разрезают почву и рыхлят полосу для заделки в ней семян.

Сеялка состоит из двух бункеров под семена и удобрения, снизу бункера установлены катушечные высевальные аппараты, которые семяпроводами соединены с дисковыми сошниками с прикатывающими катками.



Рис. 4.17 Общий вид американской сеялки прямого сева «Грейт Плейнз»

Дисковые ножи рыхлят верхний слой почвы на глубину заделки семян. Сошниковые системы заделывают семена в почву с междурядьем 17,5 см.

К третьему типу сеялок прямого сева относится модернизированная сеялка АПП-6 (рис. 4.18), в которой за плоскорежущими лапами устанавливали дисковые сошниковые системы с опорно-прикатывающими колесами.

Сеялка прямого сева состоит из двух рам, как и сеялка АПП-6. На второй раме на задней части вместо борон установлены дисковые сошники с прикатывающими катками, к которым от распределителя подведены семяпроводы.

Плоскорежущими лапами рыхлится верхний слой почвы, после чего следуют дисковые сошники, которые заделывают семена в почву и прикатываются опорными катками.

В эксперименте проводились опыты с использованием:

1. Сеялки "Мелания" с полосной схемой посева;
2. Сеялки АПП-6 с полосной схемой посева;
3. Сеялки АПП-6 с рядовым способом посева;
4. Сеялки "Грейт Плейнз" с рядовым способом посева;
5. Контроль.

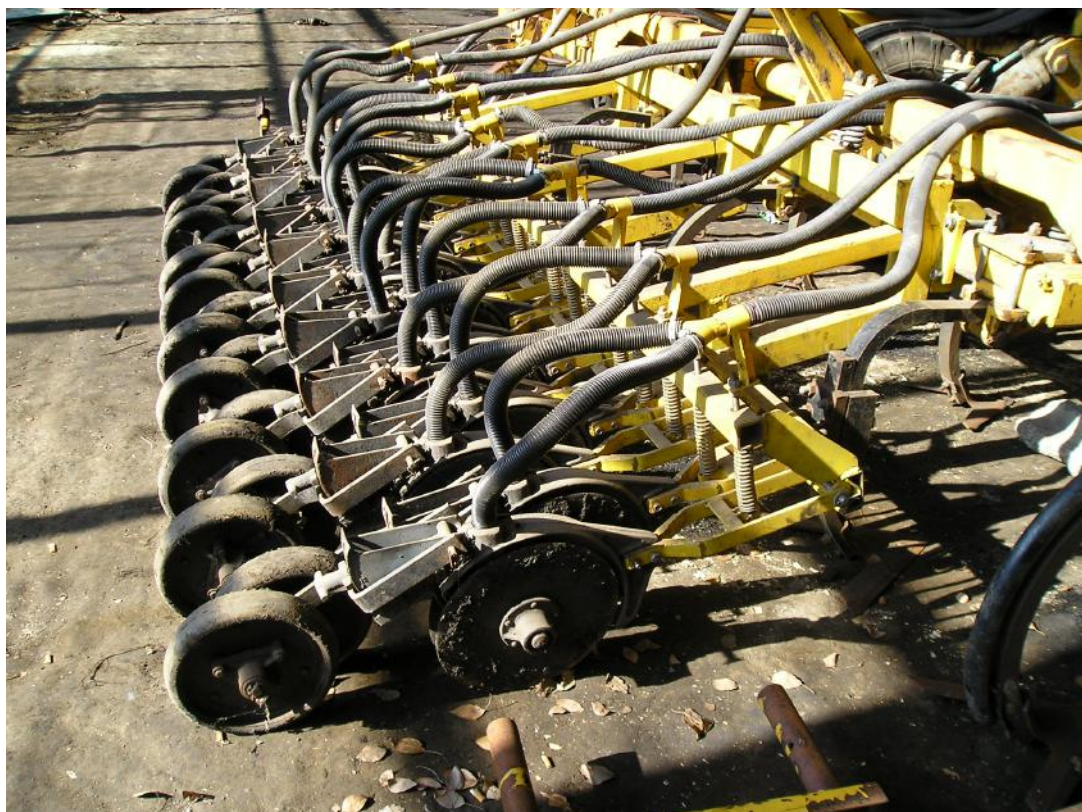


Рис. 4.18 Модернизированная сеялка прямого сева АПП-6

4.4.4. Описание приставки прямого сева на базе трактора марки ХТЗ в технологии „*No till*”

В современных условиях развития сельского хозяйства решения проблемы увеличения объема производства продукции при уменьшении расходов топлива, труда с одновременным сохранением плодородия почв можно связать с внедрением современных технологий выращивания и соответствующих средств механизации. Наиболее перспективными являются энергосберегающие технологии, направленные на снижение интенсивности и глубины обработки. Результаты проведенных опытов свидетельствуют как на пользу, так и против внедрения разных систем минимальной обработки почвы и их разновидности технологии «*No-till*».

Технология «*No-till*», в сравнении с другими, является наименее затратной, что открывает возможность широкого ее использования. Базируется такая технология на применении сеялок прямого сева. Технологический процесс работы которых включает мульчирование поверхностного слоя почвы на глубину заделки семян, рядковый или полосной посев семян с одновременным внесением удобрений и, как правило, прикатыванием почвы.

В системах минимальной обработки почвы и технологии „*No till*” получили распространение сеялки прямого сева с рабочими органами – лапами сошниками (сеялки-культиваторы), основным преимуществом которых является борьба с сорняками. Но на невыровненных полях и в системах разноглубинной обработки почвы они не обеспечивают необходимого качества заделки семян. Такие типы сеялок прямого сева, как „Джон Дир 730” и „Грейт Плейнз” можно применять и в условиях разноглубинной обработки почвы и полях с разнообразным микрорельефом почвы при соблюдении агротехнических требований к равномерности заделки семян.

Как правило, они – западноевропейского производства и в большинстве случаев не адаптированы к нашим условиям. Кроме того, к ним не всегда возможно, а иногда и совсем не возможно подобрать отечественные трактора, которые преимущественно используются в нашей стране и имеют относительно большую стоимость. Все это ограничивает их широкое использование в перспективных технологиях выращивания зерновых культур. Поэтому мы предлагаем для внедрения в системы минимальной и разноглубинной обработки почвы, а также в технологию „*No till*” отечественные сеялки прямого сева. Их внедрение позволит загрузить трактора марки ХТЗ, что позволит провести переоснастку существующего парка сельскохозяйственных машин за счет большей универсальности сеялок и их меньшей стоимости.

Нами принята участие в разработке сеялки прямого сева схожей с американской сеялкой прямого сева „Грейт Плейнз”. Сеялка прямого сева (рис. 4.19) состоит из прицепной почвообрабатывающей приставки ППС-5,4 и шарнирно присоединенной к ней серийной зерновой сеялки типа СЗ-5,4-06.



общий вид



агрегат в работе

Рис. 4.19. Агрегат для прямого сева в составе трактора ХТЗ-18040, приставки ППС-5,4, сеялки СЗ-5,4-06

Почвообрабатывающая приставка имеет волнистые диски. Во время работы они обрабатывают узкие полосы почвы, в которые сошники сеялки вносят семена. Преимущество такой комбинации машины заключается в том, что почти во всех хозяйствах есть серийные зерновые сеялки такого типа и необходимо только приобрести почвообрабатывающую приставку. Это существенно уменьшит общую цену и позволит повысить универсальность машины (без приставки сеялка используется в традиционных технологиях выращивания).

Выводы

1. Величина угла скалывания почвы практически не зависит от угла крошения пласта почвы и в основном определяется глубиной хода клина. Увеличение глубины обработки почвы способствует возрастанию угла скалывания. Причем интенсивность роста угла скалывания снижается с увеличением глубины хода клина.

На малых глубинах обработки почвы до 0,05 м преобладающим видом деформации является сдвиг, а с увеличением глубины хода клина – отрыв.

2. Снижение энергоёмкости комбинированной почвообрабатывающей машины АГРО-3 достигается путём замены рыхления почвы чизельными рабочими органами с наральниками на локальное рыхление почвы по ширине её захвата с помощью долотообразных рабочих органов. Влияние глубины рыхления почвы и расстояния между взрыхленными полосами на условия развития растений сегодня изучено недостаточно и требует проведения специальных агрономических исследований.

3. Уменьшение тягового сопротивления чизельного рабочего органа с долотом для локального рыхления почвы примерно на 2,4 % достигается путём уменьшения начального угла крошения до 27° и совершенствования его геометрического профиля, который обоснован с использованием метода прямого вариационного исчисления.

4. Экспериментальные исследования показали, что совершенствование профиля долота чизельного рабочего органа с точки зрения снижения тягового сопротивления существенного влияния на качество крошения почвы не оказывает.

5. Установлено, что угол распространения деформаций в сторону под действием долота в основном зависит от глубины хода его в почве и практически не зависит от угла крошения, что подтверждает достоверность результатов исследований второго раздела по изучению процесса взаимодействия с почвой клина. Угол распространения деформаций в почве находится в пределах $45...75^\circ$.

6. Снижение тягового сопротивления серийной машины АГРО-3 примерно на 35 % достигается заменой на чизельном рабочем органе наральника долотом, что обеспечивает замену сплошного рыхления почвы локальным, а также уменьшением количества пар дисков до одной.

**Результаты полевых
исследований
2005-2013 гг.**

"Количество растений и побегов на единицу площади, количество продуктивных и непродуктивных колосков, количество зерен с одного растения, длина колоса, высота растений, масса зерна с колоса"

М.А. Бобро

ГЛАВА 5

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

5.1. Влияние разных способов прямого сева на рост и урожайность ярового ячменя в условиях Восточной Лесостепи Украины

Мелкая и поверхностная обработка почвы включает такие технологические операции: рыхление, уплотнение почвы, подрезание бурьянов, заделка удобрений на глубину до 14 см.

Использование культиваторов в системе обработки почвы является одним из необходимых условий выращивания сельскохозяйственных культур, их использование широкое и не однозначное. Культиваторы делят на культиваторы для сплошной обработки почвы.

Основное задание предпосевной обработки почвы – это сохранение влаги, которая накапливается на протяжении осенне-зимнего периода, создание рыхлого мелкокомковатого слоя на поверхности и благоприятных условий для качественной заделки семян с целью быстрого и дружного прорастания, очистки от бурьянов. Предпосевную культивацию проводят на глубину хода сошников сеялки, чтобы семена во время сева легли на твердую и влажную почву (ложе) и закрылись рыхлым слоем. Если глубина культивации больше необходимой, семена ложатся в разрыхленную почву и к ним хуже поступает влага в следствии прерывания капиллярной связи. В этой связи прорастание семян и появление всходов зависят от погодных условий, в том числе выпадения дождей в послепосевной период. На тяжелых почвах целесообразно использовать для предпосевной культивации культиваторы с рыхлящими лапами на жестких стойках. Как показывают результаты исследований, использование плоскорезной обработки почвы способствует получению большего количества продукции, чем при систематической вспашке.

Анализ использования традиционной системы машин в подготовке почвы для сева в технологиях выращивания сельскохозяйственных культур удостоверяет то, что идут большие затраты горюче-смазочных материалов, происходит нежелательное уплотнение почвы, ускорение разрушения структуры почвы и. т. д.

Уровень обеспеченности Украины зерном продовольственного и фуражного назначения связан с объемом его производства, который определяется посевными площадями и урожайностью культуры.

В структуре зерновых яровой ячмень занимает второе место после озимой пшеницы по валовому сбору и площади посева. Около 20...25 % валового производства зерновых приходится на долю ярового ячменя.

Зерна ярового ячменя имеют важное значение как один из наиболее питательных кормов в животноводстве, а также ценным сырьем в пищевой, пивоваренной, кондитерской, фармацевтической, текстильной, кожевенной промышленности. По объему использования его продукции в народном хозяйстве он является, в первую очередь, одной из ценных зерновых зернофуражных культур, часть его в балансе концентрированных кормов – значительна. Ячмень в Украине – основная зернофуражная культура: животным скармливают более 75 % валового сбора зерна. Как грубые корма используют полосу и солому, которые перед скармливанием требуют предварительной подготовки (измельчение, запаривание), потому что, жесткие ости, особенно зазубренные, могут навредить здоровью животных.

Существенным резервом увеличения производства зерна ячменя и улучшения его качества является создание новых высокоурожайных и высококачественных кормовых, крупяных и пивоваренных сортов, и оптимизация технологии выращивания.

Потенциальные возможности ярового ячменя, особенно сортов Харьковской селекции, достигают уровня 64...76 ц/га в подавляющей части регионов. Учитывая кризисное состояние экономики страны и недостаточную обеспеченность хозяйств соответствующим количеством удобрений и способов защиты растений все большего значения приобретают адаптивные технологии выращивания, в которых оптимизируются основные элементы агротехники.

Целью проведенных теоретических исследований было установление основных составных формирования высокопродуктивных посевов ярового ячменя, которые максимально, в полной мере использовали биоклиматический потенциал в условиях северо-восточной части левобережной Лесостепи Украины.

Для реализации поставленной задачи нами было выполнено следующие задания:

- а) изучено влияние разных способов прямого сева на рост и развития ярового ячменя;
- б) исследовано влияние равномерности размещения растений по поверхности поля на водный режим почвы;
- в) исследовано влияние разных способов сева сеялок прямого сева на биометрические показатели, динамику роста и развития.

Объектом исследования выступали основные составляющие формирования урожайности ярового ячменя.

Предметом исследования были основные элементы технологии выращивания, способы сева, нормы высева, их взаимодействие на развитие растений и урожайность ярового ячменя.

Основным методом исследований в наших исследованиях было полевое исследование.

Все исследования, определения проводили по общепринятым методикам:

- глубину заложения семян определяли по общепринятой методике С.С. Рубина, 1966;
- динамику накопления вегетативной массы и высоты растений на протяжении вегетационного периода в соответствии методики Н.А. Майсурына, 1970;
- определение влажности почвы в разных горизонтах проводили по общепринятой методике А.М. Гринченко, 1968;
- определение площади листовой поверхности проводили в соответствии с методикой В.С. Подопригоры, 2002;
- забурьяненность посевов на всех исследуемых вариантах определяли по методике С.С. Рубина 1966;

Достоверность полученных результатов урожайных данных, определяли по методике Б.А. Доспехова, 1985.

Научная новизна полученных результатов состоит в том, что впервые в условиях восточной Лесостепи Украины установлено влияние разных способов прямого сева и норм высева на развитие растений и формирование урожая ярового ячменя.

Определено влияние равномерности размещения и площади питания растений на водный режим почвы.

Исследования проводили на исследовательском поле ХНАУ им. В.В. Докучаева. Парозернопропашной севооборот кафедры растениеводства, на базе которой было проведено исследование, заложена в 1993 году. Как было определено раньше, основной целью проведенных исследований было определение влияния разных вариантов способов сева на урожайность ярового ячменя сорта Докучаевский 15.

Опыт заложено систематическим методом в четырехкратной повторности, в соответствии с методикой Б.А. Доспехова. Количество исследуемых вариантов в 2007 – 2009 годах составляет – 4. В проведенных исследованиях изучали влияние вариантов сева ярового ячменя. В наших исследованиях контрольным был вариант, где высева проводили обычной зерновой сеялкой СЗ-3,6. На контроле проводили предпосевную культивацию культиватором КПС-4 и сев зерновой сеялкой СЗ-3,6. На исследуемых вариантах подготовку почвы и сев

проводили за один проход агрегата с помощью сеялок прямого сева. Сев семян ярового ячменя проводили в соответствии рекомендацией на глубину 5,0 см, с нормой высева 5,5 млн. взошедших семян на 1га.

Общая площадь опыта составляла 0,35 га.

5.2 Результаты экспериментальных исследований машины АПП-6

При проведении исследований использовали сеялку прямого сева АПП-6 с комбинированными рабочими органами подрезающего типа и дисковыми сошниками с опорно-прикатывающими катками для рядного способа сева.

Основным методом исследований в наших исследованиях было полевое исследование, исследование и определение проводили по общепринятым методикам:

– определение влажности почвы в разных горизонтах проводили по общепринятым методикам А.М. Гринченко, 1968;

– забурьяненность посевов во всех исследуемых вариантах определяли по методике С.С. Рубина, 1966;

– проведение наблюдений по наступлением фенофаз в развитии в соответствии методики В.В. Волкодава;

– анализ структурных элементов урожайности проводили по общепринятой методике Н.Г. Городнего;

– достоверность полученных результатов данных, определяли по методике Б.А. Доспехова, 1985.

Среди агрофизических свойств почвы выделяют общие и физико-механические (или технологические). К общим относят плотность твердой фазы, пористость и плотность, а к физико-механическим – связность, пластичность, прилипание, зрелость и твердость. Агрофизическим свойством является структура почвы. Значение агрофизических свойств для роста растений и получения высоких урожаев очень важно. Оно не уменьшается, а наоборот, увеличивается при использовании минеральных и органических удобрений.

К важнейшим физико-механических (технологических) свойств почвы относятся пластичность, связность, прилипание, физическая спелость, твердость. От этих свойств зависит выбор оптимальных условий проведения механической обработки почвы.

Плотность почвы определяли по слоям во всех исследуемых вариантах в фазу полных всходов, в фазу колошения и накануне уборки урожая. Показатели плотности почвы представлены в табл. 5.1.

Анализ данных показывает, что наибольшее влияние на плотность почвы имеет глубина определения. В проведенных исследованиях, в среднем за три года в фазу полных всходов наибольшая плотность почвы отмечена на контрольном варианте.

Таблица 5.1

Плотность почвы в зависимости от способов прямого сева (2007 – 2009 гг.)

Годы исследований	Сроки учета	Слой почвы, см	Показатели	Варианты прямого сева		
				Контроль СЗ-3,6	АПП-6 (рядный)	АПП-6 (полосный)
1	2	3	4	5	6	8
2007	Полные сходы	0–10	Среднее	1,27	1,10	1,15
			% к контролю	100,0	86,6	90,6
		10–20	Среднее	1,28	1,25	1,21
			% к контролю	100,0	97,9	95,3
		20–30	Среднее	1,31	1,37	1,30
			% к контролю	100,0	104,5	99,2
	Начало колошения	0–10	Среднее	1,20	1,08	1,13
			% к контролю	100,0	90,0	94,2
		10–20	Среднее	1,26	1,15	1,18
			% к контролю	100,0	91,3	93,7
		20–30	Среднее	1,26	1,20	1,26
			% к контролю	100,0	95,2	100,0
	На кануне уборки	0–10	Среднее	1,19	1,06	1,06
			% к контролю	100,0	89,1	89,1
		10–20	Среднее	1,24	1,17	1,19
			% к контролю	100,0	94,4	95,7
		20–30	Среднее	1,18	1,24	1,23
			% к контролю	100,0	105,1	104,2
2008	Полные всходы	0–10	Среднее	1,04	1,05	1,03
			% к контролю	100,0	104,0	99,0
		10–20	Среднее	1,19	1,15	1,19
			% к контролю	100,0	96,6	100,0
		20–30	Среднее	1,31	1,33	1,27
			% к контролю	100,0	104,0	99,0

2009	Начало колошения	0–10	% к контролю	100,0	101,5	96,9	
			Среднее	1,11	1,16	1,12	
		10–20	% к контролю	100,0	104,5	100,9	
			Среднее	1,13	1,19	1,14	
		20–30	% к контролю	100,0	105,3	100,9	
			Среднее	1,30	1,30	1,26	
	На кануне уборки	0–10	% к контролю	100,0	100,0	98,2	
			Среднее	1,12	1,12	1,10	
		10–20	% к контролю	100,0	97,6	93,4	
			Среднее	1,20	1,18	1,16	
		20–30	% к контролю	100,0	98,4	97,6	
			Среднее	1,26	1,24	1,23	
	Полные всходы	20–10	% к контролю	100,0	95,5	91,9	
			Среднее	1,11	1,06	1,02	
			10–20	% к контролю	100,0	96,7	91,9
				Среднее	1,23	1,19	1,13
		20–30	% к контролю	100,0	95,2	98,4	
			Среднее	1,26	1,20	1,24	
			Начало колошения	% к контролю	100,0	99,1	98,2
				Среднее	1,13	1,12	1,11
		10–20		% к контролю	100,0	95,1	95,1
				Среднее	1,22	1,16	1,16
		На кануне уборки	20–30	% к контролю	100,0	96,8	95,2
				Среднее	1,24	1,20	1,18
0–10	% к контролю		100,0	100,0	100,9		
	Среднее		1,12	1,12	1,13		
10–20	% к контролю		100,0	97,6	96,0		
	Среднее		1,24	1,21	1,19		
20–30	% к контролю	100,0	96,7	96,7			
	Среднее	1,23	1,19	1,19			

Так, например, в слое почвы 0 – 30 см плотность почвы на контрольном варианте составляла от 1,21 до 1,31 г/см³ в фазу полных всходов в 2007 году. В фазу колошения в 2006 и 2007 годах плотность почвы при различных вариантах прямого посева была примерно на

одинаковом уровне в пределах оптимальных показателей. Худшие показатели за три года отметили на варианте, где применяли сеялку СЗ-3,6. Влажность почвы имеет значительное влияние на развитие узла кущения и рост узловых корней. Узловые корни играют важную роль в потреблении растениями фунтовой влаги и элементов минерального питания, что определяет степень формирования вегетативной массы растений и урожайности. Одной из задач проведенных исследований было определение содержания влаги в пахотном слое почвы до 30 см в 2007 г. и до 40 см в 2008 и 2009 годах. Определение запасов влаги проводили в фазу полных всходов и в преддверии уборки урожая. Данные по влажности почвы представлены в табл. 5.2

Таблица 5.2

Влажность почвы в слоях в зависимости от способов прямого сева
(2007 – 2009 гг.) на посевах яровых колосовых

Год исследований	Сроки определения	Слои почвы, см.	Повторности	Варианты исследований			
				Контроль СЗ-3,6	АПП-6 (рядный)	АПП- (полосный)	
1	2	3	4	5	6	7	
2007	Полные всходы	0–10	среднее	8,4	8,2	8,4	
			% к контролю	100,0	97,6	100,0	
		10–20	среднее	11,1	11,0	11,2	
			% к контролю	100,0	99,1	100,9	
		20–30	среднее	9,8	7,7	8,9	
			% к контролю	100,0	78,6	90,8	
	Накануне уборки	0–10	среднее	6,7	3,6	4,4	
			% к контролю	100,0	53,7	65,7	
		10–20	среднее	6,1	6,1	6,6	
			% к контролю	100,0	100,0	108,2	
		20–30	среднее	6,7	6,8	6,5	
			% к контролю	100,0	101,5	106,6	
2008	Полные всходы	0–10	среднее	13,9	14,8	17,6	
			% к контролю	100,0	105,8	126,6	
		10–20	среднее	14,7	16,0	17,9	
			% к контролю	100,0	108,0	121,8	
		20–30	среднее	14,3	15,3	18,2	
			% к контролю	100,0	107,0	127,3	
		30–40	среднее	13,0	14,4	17,1	
			% к контролю	100,0	110,8	131,5	
			0–10	среднее	10,2	11,1	12,7

			% к контролю	100,0	108,8	124,5
		10–20	среднее	12,4	12,7	13,6
			% к контролю	100,0	102,4	109,7
2008	Накануне уборки	20–30	среднее	12,8	14,0	14,3
			% к контролю	100,0	109,4	111,7
		30–40	среднее	11,7	12,2	13,3
			% к контролю	100,0	104,3	113,7
2009	Полные всходы	0–10	среднее	11,3	9,9	11,7
			% к контролю	100,0	87,6	103,5
		10–20	среднее	11,9	11,2	12,3
			% к контролю	100,0	94,1	103,4
		20–30	среднее	11,5	11,8	11,9
			% к контролю	100,0	102,6	103,5
		30–40	среднее	11,8	11,1	11,8
			% к контролю	100,0	94,1	100,0
	Накануне уборки	0–10	среднее	16,4	16,2	16,7
			% к контролю	100,0	98,8	101,8
		10–20	среднее	17,4	15,9	17,5
			% к контролю	100,0	91,4	100,6
		20–30	среднее	18,1	17,1	18,4
			% к контролю	100,0	94,5	101,7
30–40		среднее	16,4	16,6	16,8	
		% к контролю	100,0	101,2	102,4	

Анализ данных таблицы свидетельствует о том, что применение сеялки прямого сева способствует сохранению запасов продуктивной влаги в слое почвы от 0 до 40 см.

Высокие показатели влажности почвы по сравнению с контролем, были и на вариантах, где применяли сеялку прямого сева АПП-6 с полосным распределением семян в почве.

Анализируя данные табл. 5.2, можно сделать вывод о том, что сплошные посевы в большей степени удерживают влагу в слое почвы 0 – 30 см и это предоставляет более

благоприятные условия для полноценного развития вегетативной массы растений ярового ячменя и как следует на формирование большего урожая.

В верхнем слое почвы 0 – 10 см наименьшие запасы влаги отмечены в варианте, в котором изучали влияние агрегата АПП-6 с дисковыми сошниками. Аналогичная тенденция отмечена во всех исследуемых годах, которые довольно сильно различались по погодным условиям. От структурного состояния почвы зависит его водно-воздушный и тепловой режимы. Вследствие чего создаются соответствующие условия для роста и растений и почвенной микрофлоры.

Структурный состав почвы в зависимости от способов прямого сева приведен в табл. 5.3.

Анализ данных структурного состава почвы, можно сказать, что в условиях 2009 года лучше всего оструктурена почва на варианте АПП-6 (рядный) и коэффициент структурности соответственно составлял 2,40. Хуже оструктуренная почва был на варианте АПП-6 (полосный) и составила 1,19, это можно объяснить тем, что при посеве образовывалось большое количество глыбистых частиц (более 10,0 мм), что является негативным явлением для получения дружных всходов и соответственно высоких урожаев.

Самыми высокими показателями в 2008 году отмечается на варианте АПП-6 (рядный) в первом повторении и составил 3,41, а в 2009 году на этом же варианте во втором повторении – 3,26.

Таблица 5.3

Средние значения структурного состава почвы в зависимости от способов прямого сева (2008 – 2009 гг.).

Год исследований	Варианты прямого сева	фракции почвы, мм					Коэффициент структурности
		>10	10.0-1.0	1.0-0.5	0.5-0.25	<0.25	
2008	Контроль СЗ-3,6	40,59	52,51	6,19	0,50	0,22	1,46
	АПП-6 (рядный)	24,61	68,53	6,09	0,50	0,27	3,06
2009	Контроль СЗ-3,6	35,55	56,96	6,47	0,72	0,30	1,79
	АПП-6 (полосный)	45,42	47,79	5,21	1,25	0,32	1,19
	АПП-6 (рядный)	29,16	61,89	7,53	1,17	0,25	2,40

В условиях 2008 года наилучшие показатели отмечаются на вариантах и АПП-6 (рядный) и соответственно составлял 2,49 и 3,06. Итак, сеялки прямого сева с дисковыми и стрельчатыми почвообрабатывающими органами и дисковыми сошниками лучше влияют на структурный состав посевного слоя почвы. Одной из задач исследований было определение количества сорняков на вариантах с применением различных сеялок прямого сева. Учет засоренности проводили в фазу кущения. После учетов и анализов исследуемые варианты обрабатывали гербицидами. Засоренность посевов ярового ячменя в фазу кущения в зависимости от вариантов прямого сева приведен табл. 5.4. Анализ данных показал, что наименьшая засоренность в условиях 2007 года отмечается на варианте и АПП-6 (рядный) и соответственно общая их сумма составила 45,3 и 40,6 шт./м². При этом разница в большей степени выявлена по однолетним сорнякам. На контрольном варианте сорняков в сумме было 47,4 шт./м².

Таблица 5.4

Засоренность посевов ярового ячменя сорта Докучаевский 15
в фазу кущения, шт./м² (2007 год)

Способ сева	Повторности						Среднее		Сумма
	I		II		III		однол етние	многоле тние	
	однол етние	многоле тние	однол етние	многоле тние	однолет ние	многоле тние			
Контроль СЗ-3,6	41	9	43	6	38	7	40,1	7,3	47,4
АПП-6 (рядный)	32	11	27	13	29	10	29,3	11,3	40,6

В условиях 2009 года соответственно по однолетним сорнякам, наименьшее их количество отмечается на вариантах АПП-6 (полосный) соответственно к контролю составляет 82 %. Можно сделать вывод, что вариант сева в значительной степени корректирует уровень засоренности посевов яровых зерновых культур, в большей степени за счет предпосевной подготовки почвы. Применение сеялок прямого сева требует тщательного соблюдения рекомендаций выращивания. В первую очередь следует четко устанавливать норму высева с учетом сортовых особенностей, выбирать лучшие предшественники, при необходимости применять средства защиты растений. В проведенных исследованиях уборки урожая ярового ячменя проводили прямым комбайнированием в фазу полной спелости при влажности зерна 16 – 18 %. Урожайность ярового ячменя по годам исследований и в среднем за три года исследований представлена в табл. 5.5. Анализ данных результатов урожайности

свидетельствует о различное влияние изучаемых вариантов на изменчивость урожая ярового ячменя сорта Докучаевский 15. Важно отметить, что погодные условия исследуемых лет достаточно сильно отличались, однако по каждому из исследуемых лет наблюдается похожая тенденция влияния вариантов на данный признак.

Таблица 5.5

Средняя урожайность яровых зерновых колосовых культур, т/га

Вариант сева	Годы исследований
	2007
	Яровой ячмень
Контроль СЗ-3,6	2,70
АПП-6 (рядный)	2,69
АПП-6 (полосный)	2,86
НП 05	$F_{\phi} < F_{T}$

В погодных условиях 2008 года самой высокой была урожайность в варианте, где применили прямой посев сеялкой АПП-6 (полосный). Урожайность ярового ячменя в этом варианте была на 0,17 т/га или 16,5 % больше, чем на контроле. В заключении следует отметить, что применение сеялки прямого сева «Фрегат», способствует увеличению уровня урожайности растений ярового ячменя и является резервом реализации потенциала урожайности растений яровых зерновых культур. Главной задачей агротехники выращивания культуры является обеспечение оптимального соотношения всех компонентов структуры урожая и максимальная реализация биологического потенциала растений. Самая высокая урожайность формируется при оптимальных элементах структуры урожайности, оптимизация соотношения которых позволяет максимально реализовать биологический потенциал растений. Одной из задач проведенных исследований было определение структурных элементов урожая яровых зерновых культур в зависимости от вариантов прямого сева. По общепринятой методике (Бобро М.А.) в проведенных исследованиях изучались следующие элементы структуры урожая: количество растений и побегов на единицу площади, количество продуктивных и непродуктивных колосков, количество зерен с одного растения, длина колоса, высота растений, масса зерна с колоса, масса зерна со снопа, масса из снопа соломы, масса 1000 семян, биологическая урожайность. Снопа образцы растений для определения структуры урожая отбирали накануне уборки урожая. В погодных условиях 2007 года наиболее лучшие показатели отмечаются на вариантах с использованием сеялок прямого сева. На этих вариантах отмечается большее

количество растений и побегов, число продуктивных и непродуктивных колосков в колосе, длина растений и колоса, массовые показатели. Биологическая урожайность на этих вариантах составила 39,8 и 33,0 ц/га соответственно. На контрольном варианте биологическая урожайность составила 29,6 ц/га, все другие показатели были тоже низкими. В условиях 2008 и 2009 годов отмечается похожая тенденция. В 2009 году биологическая урожайность варианта и АПП-6 (полосный) соответственно составляла 25,4 ц/га. Проведены исследования различных вариантов прямого сева на структурные элементы урожайности, доказали положительное влияние элемента технологии выращивания на исследуемые показатели. Экономическую эффективность изучаемых вариантов определяли по следующим показателям: общие затраты (грн./га); стоимость урожая (грн./га); рентабельность (%); прибыль (грн./га). Экономическая эффективность результатов исследований выращивания ярового ячменя представлена в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Экономическая эффективность результатов исследований
выращивания ярового ячменя (2007 год)

Год исследования	Вариант	Урожайность, т/га	Общие затраты, грн./га	Стоимость урожая, грн./га	Рентабельность, %	Прибыль, грн./га
2007	СЗ -3,6	2,70	6300	2160	243	1530
	АПП-6 (рядный)	2,69	580	2157	271	1572

Результаты проведенных исследований дают основание для заключения о целесообразности использования сеялки прямого сева АПП-6 «Фрегат». Следует отметить, что при использовании сеялки прямого сева «Фрегат» прибыль и рентабельность продукции являются наивысшими.

Проведенные исследования применения различных способов прямого сева показали целесообразность использования их как элемента технологии выращивания, которые обеспечивают наивысшие показатели экономической эффективности возделывания ярового ячменя сорта Докучаевский 15.

Данные исследований показывают, что применение сеялок прямого сева способствует сохранению влаги в почве, что является достаточно важным фактором для создания оптимальных условий в начале развития растений, способствует получению дружных всходов и

большой урожайности культуры. В проведенных опытах наибольшее содержание влаги в слое почвы до 100 см определено в варианте, где применяли сеялку прямого сева. Содержание влаги в данном варианте был на 12 – 16 % выше, чем на контрольном варианте, где применяли сеялку СЗ-3,6. Следует отметить, что накануне уборки урожая разница между вариантами по данному показателю становится несколько меньшей в пределах 10 %, однако, опять-таки в пользу вариантов, где применяли прямой посев (см. табл. 5.3).

Следует также отметить, что из всех вариантов прямого сева меньший показатель влажности, как в начале развития, так и накануне сбора, отмечено в варианте, где изучали прямой посев сеялкой АПП-6, что высевала зерно полосовым способом. В проведенных опытах на большей глубине 30 – 40 см разница влажности почвы между вариантами была несколько меньше, чем в верхнем посевном слое. Данная тенденция отмечена как в фазу полных всходов, так и в фазу полной спелости. Данные исследований показывают неравнозначность влияния изучаемых вариантов на твердость почвы.

Однако, в слоях почвы 10 – 20, 20 – 30 см, в преддверии сбора на данных вариантах была несколько выше, чем на контроле. Разница составляла около 4 – 6 %. Так, в слое почвы на глубине 30 см твердость почвы в фазу полных всходов после сева составляла 109,8 % к контролю и была в среднем на 5 % выше, чем на вариантах, где изучали влияние сеялок АПП-6.

В фазу полных всходов плотность почвы во всех вариантах исследований была почти на одном уровне, особенно в слое почвы 0 – 10 см. В некоторой степени разница проявляется в слое почвы 10 – 20 и 20 – 30 см. В большей степени разница между вариантами исследований проявятся в фазу колошения и накануне уборки урожая. В конце развития в фазу полных всходов большие показатели плотности отмечены на контрольном варианте, где применяли сеялку СЗ-3,6, что высевала семена строчным способом сева.

В конце следует сказать о том, что, несмотря на колебания показателей, плотность почвы в зоне развития корневой системы во всех вариантах исследований не выходила за пределы оптимальной. Следует лишь отметить, что применение сеялок прямого сева улучшает показатели плотности почвы, чем улучшает условия для более полноценного развития растений.

В вариантах, где изучали влияние сеялки АПП-6 в посевном слое 4 – 6 см размещалось семян 56 и 62 % соответственно. На контрольном варианте в посевном слое 7 – 8 см находится 4,0 % семян и около 3,5 % практически на поверхности почвы. То есть уже в начале развития значительное количество семян культуры не обеспечена оптимальными условиями для прорастания. Как следствие, на контрольном варианте проявится ярусность всходов и складываются менее благоприятные условия для прорастания. В конце следует сказать, что на

вариантах, где применяли сеялки прямого посева, семена ярового ячменя получают более благоприятные предпосылки для оптимального развития за счет более благоприятного рассредоточения семян по глубине заделки. Глубина заделки семян – это один из факторов, который влиял на сроки прохождения фаз развития исследуемой культуры.

Одной из задач проведенных исследований было определение динамики формирования биометрических показателей. Данные показателей формирования вегетативной массы растений, представлены в табл. 5.7.

Таблица 5.7

Вегетативная масса растений ярового ячменя сорта Каравай Харьковский в зависимости от использования разных вариантов прямого сева, м²/м²

Фазы развития	Вариант исследований	Повторности			Среднее
		I	II	III	
Кущение	СЗ-3,6	266,8	258,8	250,1	258,6
	АПП-6 (рядный)	270,4	279,9	268,2	272,8
	Среднее по опыту	-	-	-	273,4
Выход в трубку	СЗ-3,6	1072,0	1026,7	1123,4	1074,0
	АПП-6 (рядный)	1207,2	1120,6	1097,8	1141,9
	Среднее по опыту	-	-	-	1144,2
Колошение	СЗ-3,6	1916,1	1836,0	1794,0	1848,0
	АПП-6 (рядный)	2044,7	1936,5	2079,2	2019,5
	Среднее по опыту	-	-	-	1948,4

Как и следовало ожидать, в проведенных опытах отмечена разница между изучаемыми вариантами по данным показателям. Применение сеялок прямого сева способствовало формированию большей вегетативной массы растений ярового ячменя при всех исследуемых фазах развития. Аналогичная тенденция отмечена и в последующие фазы развития: выход в трубку и колошения. Важно отметить то, что разница между вариантами в большей степени проявляется в начале развития, то есть в фазу кущения. Так, разница между максимальным и минимальным показателем в фазу кущения составляет 11 %, а в фазу колошения – около 8 %.

В проведенных опытах разница между вариантами по высоте растений не была четко выраженной. Также, как и по вегетативной массе, отмечена тенденция постепенного уменьшения разницы по высоте растений от фазы кущения к фазе колошения.

В проведенных исследованиях 2008 г. в среднем получена низкая урожайность растений вследствие позднего сева на уровне 12,0 ц/га. Однако даже в неблагоприятных погодных условиях отмечено существенное положительное влияние от применения сеялок прямого сева.

Итак, в конце следует отметить, что применение сеялок прямого сева целесообразно с агрономической и экологической точек зрения. Оптимизация этого агроприема способствует сохранению плодородия почвы, улучшает водный режим почвы и способствует увеличению уровня производственной урожайности.

В результате наблюдения за динамикой всходов было обнаружено, что ранние всходы появились по следу опорных колес сеялки (рис. 5.1.), что приводило к ухудшению равномерности роста и развития растений по площади поля. Поэтому при модернизации сеялки для уменьшения удельного давления на почву опорные колеса сеялки заменены на колеса с шинами низкого давления.

Для заделки семян на заданную глубину по следу колес трактора увеличена высота стоек лап сошников.



Рис. 5.1. Всходы ячменя

Усредненные результаты испытаний приведены в табл. 5.8 – 5.12.

Таблица 5.8

Равномерность распределения семян по ширине захвата сеялки

Повторности	Количество растений на 1м ² , шт.															среднее, \bar{X} , шт.	σ , шт.	ν , %
	номер лапы (сошника)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1	270	300	270	300	540	420	480	390	330	420	540	330	420	390	420			
2	270	420	300	480	450	330	390	420	360	450	450	420	450	450	390			
3	360	360	480	450	450	450	450	390	420	450	540	450	390	420	390			
Среднее арифметическое	300	360	350	410	480	400	440	400	370	440	510	400	420	420	400	406	51,37	12,7

Таблица 5.9

Равномерность распределения семян по ширине захвата лапы

Повторность	Количество растений на 1м ² , шт.			среднее, \bar{X} , шт.	σ , шт.	ν , %
	номер лапы					
	1	2	3			
1	150	150	120			
2	150	150	180			
3	120	150	180			
Среднее арифметическое	140	150	160	150	10	6,7

Таблица 5.10

Равномерность распределения семян по ходу движения посевного агрегата

Повторность	Количество растений на 1м ² , шт.			среднее, \bar{X} , шт.	σ , шт.	ν , %
	номер участка					
	1	2	3			
1	420	450	420			
2	510	510	480			
3	510	450	510			
Среднее арифметическое	480	470	470	473	5,78	1,2

Таблица 5.11

Глубина заделки семян по ширине захвата лапы, мм

Повторность	Номер лапы			среднее, \bar{X} , мм	σ , мм	ν , %
	1	2	3			
1	40; 35; 32; 45; 45; 30; 30; 25; 29; 38	40; 30; 20; 35; 30; 25; 35; 30; 38; 37	45; 45; 45; 47; 45; 43; 40; 39; 41; 38			
2	40; 35; 40; 35; 43; 40; 38; 41; 34; 36	35; 40; 20; 40; 35; 37; 30; 36; 29; 38	32; 39; 44; 46; 40; 37; 42; 35; 43; 44			
3	44; 40; 42; 39; 35; 37; 40; 41; 43; 37	40; 37; 38; 34; 40; 40; 35; 38; 32; 37	45; 47; 45; 40; 38; 41; 36; 39; 42; 42			
Среднее арифметическое	37,6	34,3	41,5	37,8	3,6	9,5

Таблица 5.12

Глубина заделки семян по ходу движения, мм

Повторность	Номер участка			среднее, \bar{X} , мм	σ , мм	ν , %
	1	2	3			
1	50; 55; 65; 65; 60; 58; 57; 62; 61; 60	55; 65; 59; 60; 60; 63; 58; 61; 64; 57	50; 55; 55; 60; 57; 65; 52; 52; 54; 58			
2	45; 50; 48; 50; 52; 50; 55; 49; 52; 54	40; 45; 40; 45; 43; 41; 41; 39; 42; 40	45; 35; 50; 40; 45; 47; 39; 42; 44; 44			
3	40; 45; 44; 40; 50; 45; 47; 50; 41; 48	45; 40; 45; 43; 44; 40; 39; 42; 41; 43	35; 35; 40; 45; 40; 44; 42; 42; 45; 38			
Среднее арифметическое	51,6	48	46,5	48,7	2,6	5,3

Распределение растений по площади питания корректируется именно за счет способов сева, что имеет решающее значение для формирования высокопродуктивных урожаев зерновых культур. Оптимальным следует считать способ посева, при котором семена залегают равномерно на одинаковой глубине, а растения получают одинаковую площадь питания.

Способы посева зерновых культур должны оптимизировать площадь питания и обеспечивать наиболее полноценное использование ФАР, что обуславливает высокую урожайность зерновых хлебов.

Основной способ посева ярового ячменя в большинстве хозяйств региона Восточной Лесостепи – обычный полосовой с междурядьем 15 см. При интенсивном выращивании ячменя во время посева создают постоянные технологические колеи, перекрывая высевальные аппараты 6...7 и 18...19 сошников в средней валке (СЗ–3,6) тривысеваального агрегата.

По данным М.Г. Козаченко, основной способ посева для ярового ячменя – обычный полосовой в направлении север – юг.

А.Г. Михайловский и В.П. Гудзь настаивают на том, что существующие способы посева обеспечивают для фотосинтеза достаточно незначительное использование солнечного излучения – около 2...3 %.

Фактором, который решает полноту и равномерность прорастания а также правильный рост и развитие растений является качество посевного материала. Зерно, предназначенное для сева, должно отличаться чистотой не ниже 99 %, всхожестью, которая выше 95 %, и высокой массой 1000 зерен.

Густота посева зависит от почвы, предшественника и срока посева. На лучших почвах и после хороших предшественников количество посаженного зерна составляет 4,5...5,0 млн. всхожих зерен на 1 га. На бедных почвах 5,0...5,5 млн. га. При опоздании с посевом нужно увеличить норму высева на 10 %.

Способ посева должен в полной мере обеспечивать интенсивное освещение растений, что обуславливает повышение продуктивности фотосинтеза. Несмотря на значительный объем исследований в направлении изучения влияния способов посева, невозможно выделить лучший способ, который был бы пригоден для всех почвенно-климатических зон выращивания. Выбор оптимального способа посева для конкретной зоны зависит от двух главных факторов: климатического и почвенного.

В Украине наиболее распространенным способом посева зерновых хлебов является обычный полосовой, менее распространенный узкорядный, перекрестно-диагональный и перекрестный. Такие способы посева выполняют с помощью сеялок с дисковыми и анкерными

сошниками. Н.А. Ломан рассматривает две тенденции формирования продуктивных посевов: первая – увеличение посевных норм, при этом имеет место частичная реализация биологического потенциала растений, вторая – увеличение площади питания, что позволяет наиболее полно реализовать биологический потенциал растений. При выборе лучшего предшественника, применении различных способов сева с использованием научно обоснованных норм высева можно в значительной степени влиять на продуктивность растений.

Равномерное распределение растений уменьшает конкуренцию между растениями на ранних этапах развития. Неравномерное распределение семян ведет к невыровненным всходам, вследствие этого развитие идет неравномерно, урожай уменьшается, качественные показатели снижаются. Пленчатое зерно ячменя в почве набухает долго, поэтому важно, чтобы зерно попало во влажную почву на глубину, способствующую получению дружных всходов 4...6 см. На тяжелых глинистых почвах глубину посева уменьшают до 3...4 см, на песчаных почвах и в засушливые годы – увеличивают до 6...8 см. Применение анкерного сошника позволяет начать посев раньше (во влажной почве дисковые сошники забиваются), и обеспечить равномерное распределение семян на глубину 3...4 см. В Запорожской, Херсонской, Николаевской областях применения анкерных сошников обеспечивало прибавку урожая – 0,5 т/га. На территории Украины и бывшего Советского Союза изучали ряд различных способов посева: безрядковый, гнездовой, с помощью шаблонов, широкорядный, подпочвенно-прессовый, раскидной, пунктирный, узколенточный с разной шириной междурядий и многие другие. Он обеспечивает наиболее равномерное рассредоточение посевного материала в пределах полосы шириной 50...60 мм на практически идеальном, тщательно выровненном с необходимым уплотнением семенном ложе.

При расширении зоны рядка имеет место повышение равномерности распределения семян. Близким к этим требованиям является узкорядный и перекрестный способы посева в сравнении с рядковым. Однако следует отметить, что с экономической и энергетической точек зрения невыгодно применять перекрестный способ посева. Как следует, перекрестный способ посева применяют как вынужденную меру, например при низкой всхожести семенного материала.

В практике селекционно-семеноводческой работы иногда применяют широкорядный способ посева с шириной между центрами междурядий 45 см. Мало изученный раскидной способ посева с помощью сеялки со снятыми семя-проводами с последующей засечкой дисковым орудием на глубину 5...6 см перспективы не имеет прежде всего потому, что глубина

заделки семян почти не регулируется, к тому же семена неравномерно распределяются по поверхности почвы.

По данным Ю.В. Буденного, уменьшение плотности посевов с помощью гнездового способа сева ведет к снижению урожая по сравнению с полосовым способом. Квадратный способ посева изучали на озимой пшенице.

В сравнении с рядковым, квадратный способ заметной прибавки урожая не дал.

И.И. Синягин, М.Г. Климов, Н.Е. Малышев отмечают преимущество перекрестного способа посева, обосновывая это более равномерным размещением семян по площади питания и уменьшением потерь урожая за счет стойкости валков к проседанию при отдельном сборе. Этот способ также обеспечивает лучшее разрыхление почвы сошниками, благодаря чему образуется более тесный контакт семян с почвой.

Как было указано выше, перекрестный способ сева более энергоемкий, требует больших затрат, сильнее иссушает почву, и семя, посеянное при первом проходе, может частично увертываться вторым проходом.

Д.А. Деревянко, изучал узколенточный раскидной посев ярового ячменя, который оказался более эффективным в сравнении с рядковым.

М.И. Матюшков, В.Н. Пешков испытали сошник, переделанный из культиваторной лапы, который высевает семена шириной рядка (полосы) до 200 мм. Он более равномерно высевает семена на заданную глубину, растения довольно равномерно распределяются по площади.

Большой научно-практический материал накоплен кафедрой растениеводства Харьковского НАУ. В течение длительного периода изучали влияние способов посева на урожайность яровой пшеницы и ярового ячменя. Исследования 1981 – 1985 годов доказали преимущество полосового способа посева над обычным рядным. Прибавка урожая составила от 3,5...4,5 ц/га. В данном случае ширина полосы составляла 3,5...3,7 см. По данным М.А. Бобро, при полосовом способе посева растения лучше обеспечены такими ростостимулирующими факторами как свет, влага, питательные вещества, резко уменьшается конкуренция при их использовании на начальных этапах роста и развития, особенно в период укоренения и кущения. По мнению М.А. Бобро, целесообразным может быть использование сеялки „Флекси Коил 5000”, которая обеспечивает размещение семян в рядке, как и при полосовом способе.

К малораспространенным способам сева можно отнести бороздной способ и гребневой. При бороздном способе семена размещаются на дне бороздки при ширине междурядий 23 см. Бороздной способ применяют с целью защиты почвы от ветровой эрозии, а на склонах от смыва.

В том случае, если почва переувлажнена, семена высевают в специальные гребни. Гребни лучше прогреваются, что способствует более ранним всходам и лучшему развитию растений.

Усовершенствовать способ посева зерновых культур можно за счет разработки усовершенствованных сеялок, которые позволяют оптимально равномерно распределять семена по площади питания и заделывать его на нужную глубину в оптимально уплотненное семенное ложе. Исходя из этого, лучшую перспективу имеют сеялки, которые обеспечивают сплошной посев и равномерное распределение семян по глубине заделки. К. Hubbard утверждает, что лучший способ посева, с помощью которого можно получать стабильно высокие урожаи, – это сев с помощью сеялок точного посева.

В странах Евросоюза широкое распространение получили ленточный, раскидной, широкополосовой способы посева. По данным Eytlen M, раскидной способ посева обеспечивает достаточно равномерное распределение семян по площади питания, но закапывание его на заданную глубину практически невозможно, вследствие чего он дальнейшей перспективы не имеет.

В последнее время распространяется использование стерневых сеялок, которые позволяют высевать семена по стерне без обработки почвообрабатывающим орудием. Применение стерневых сеялок требует дальнейшего изучения, прежде всего на различных стерневых предшественниках, на разной высоте стерни, на различных зерновых культурах.

В современных условиях ведения сельского хозяйства способы посева во взаимодействии с нормами посева семян необходимо сочетать с наиболее совершенными системами удобрения и агротехническими мероприятиями.

Исследования проводили на опытном поле кафедры растениеводства Харьковского национального аграрного университета им. В.В. Докучаева течение 2005 – 2006 годов. Опытное поле расположено в пределах землепользования учебно-опытного хозяйства аграрного университета, 20 км от областного центра (г. Харьков).

Харьковская область находится на границе двух природных зон – Лесостепи и Степи Украины. В связи с этим характер почвенного покрова области, его география и производственная применимость является следствием общего сочетания природных условий, характерных для названных двух зон.

Климат района умеренно-континентальный, характерный для восточной Лесостепи Украины. Харьковская область – местность с неустойчивым увлажнением. В отдельные годы и

периоды одного и того же года имеет место недостаточное количество влаги. К тому же засушливая погода, как правило, сопровождается суховеями.

Согласно агропочвенному районированию Украины, место исследований относится к территории агропочвенной провинции – Левобережная Высокая Лесостепь. Основу почвенного покрова составляют черноземы глубокие (типичные) с пахотным слоем почвы 0 – 30 см и черноземы реградированные, которые по результатам почвенного обследования Украины, выполненного под методическим руководством Украинского НИИ почвоведения им. А.Н. Соколовского, преобладают в Лесостепи Украины. Общая площадь типичных и реградированных черноземов составляет около 90 % всей пахотной земли в Харьковской области. Уместно также отметить, что Харьковская область (согласно статистическим данным) занимает третье место по плодородию почв в сравнении с другими областями Украины.

Черноземы глубокие (типичные) характеризуются глубоким гумусовым профилем, достигающим 120 см, содержит 5,0...6,0 % гумуса, имеет хорошие физические свойства и отличается повышенным содержанием подвижных форм NPK, и в целом высокой биологической активностью. Общая глубина гумусового профиля чернозема реградированного достигает 90...105 см, содержание гумуса – от 4,7 до 5,0 %.

По наиболее важным агрохимическим свойствам черноземы реградированные занимают промежуточное положение между глубоким черноземом и темно-серыми оподзоленными почвами. В подавляющем большинстве почва на опытном поле представлена черноземом типичным слабовымытым малогумусным тяжелосуглинистым на карбонатном лёсе, который характеризуется следующими агрохимическими показателями: рН солевой вытяжки – 6,45...7,0, общее содержание гумуса в пахотном слое – 5,0 %, 10,2 мг/100 г почвы P205 (по Чурикову); 17,9 мг/100г почвы K20 (по Сурикову).

Учебно-опытное хозяйство «Докучаевское» находится в зоне среднего недостаточного увлажнения. Метеорологические факторы этой зоны весьма неустойчивы. Так, по многолетним данным агрометеостанции, расположенной непосредственно на территории опытного поля, среднегодовое количество осадков составляет 522 мм – от 250 мм в особо засушливые годы, до 800 мм – в избыточно увлажненные годы. Минимальное количество осадков выпадает в феврале, максимальная в июне, июле, августе.

Среднегодовое количество осадков распределяется следующим образом: зимой – 16...20 %, весной – 22...25 %, летом – 35...40 %. Накопление влаги в почве зависит, в основном, от осенне-зимних осадков, количество которых достигает 40 % от годовых. По статистическим данным Харьковская область относится к зоне «рискованного» земледелия. Кстати, это

выражение в большей степени относится именно к Харьковской области по сравнению с другими регионами Украины. В первую очередь это выражено в достаточно сильном несоответствии поступления влаги в почву по местам в разрезе районов. Именно при этом наблюдается довольно значительная доля гибели озимых культур на Харьковщине, что подтверждает предположение о целесообразности увеличения площадей посева именно ярового ячменя и яровой пшеницы, что снизит риск потерь и недобора зерновых, и решит проблему закупки высококачественного зерна для макаронной промышленности.

Анализ погодных условий в годы исследований проводили по данным упомянутого метеопоста. Погодные условия исследуемых лет по разному влияли на формирование урожая ярового ячменя сорта Докучаевский 15.

По количеству осадков в течение вегетационного периода более благоприятным был 2005 год. Сумма осадков за период вегетации в этом году составила около 232 мм. Хотя количество осадков в апреле и июне составила всего 42 мм, что меньше многолетних данные в два раза, однако в июне и июле количество осадков было почти на 25 % выше в сравнении со средними многолетними данными. Так, количество осадков в июне и июле составляла 81,5 и 108,0 мм при средних многолетних показателях – 59,0 и 71,0 мм соответственно. То есть, анализируя условия вегетации 2005 года, делаем вывод о том, что хотя в начале вегетации был дефицит влаги, в более поздние фазы развития влаги было вполне достаточно для формирования высокого урожая яровой пшеницы. Так, общая сумма осадков за вегетацию превысила средне многолетние показатели на 18,0 мм, что способствовало формированию высокого урожая ярового ячменя. Сумма активных температур (выше 5° С) за период вегетации составляла 1393° С, а сумма эффективных температур (свыше 10° С) составила 744° С при сумме осадков за вегетацию 232 мм.

В целом вегетационный период 2006 года был благоприятным для выращивания ярового ячменя, хотя количество осадков за вегетационный период было несколько меньше, чем в 2005 году. Количество осадков за вегетацию составило около 170 мм, что было почти на 20 % меньше в сравнении со средними многолетними показателями (168 и 214 мм соответственно). Так, если в апреле, мае, июне количество осадков было близким к средним многолетним показателям, то в июле количество осадков было почти в четыре раза меньше в сравнении со средними многолетними данными (16,5 мм против 71,0 мм).

Как свидетельствуют данные, температурный режим вегетационного периода 2006 года был близким к средним многолетним показателям, только в августе среднемесячная

температура была несколько меньше (19,6 мм против 22,4 мм). Сумма эффективных температур за период вегетации 2006 года составила около 790° С, что выше многолетних показателей на 30° С. В мае и июле разницы в сравнении с многолетними показателями не определено.

Условия 2007 года в значительной степени влияли на уменьшение продуктивности растений ярового ячменя. Достаточно высокая температура на начальных этапах развития растений, которая иногда превышала 35° С и недостаток влаги в период формирования колоса растений ярового ячменя в значительной степени уменьшали урожайность яровых зерновых. Особенно страдали посеы яровых зерновых, в том числе и ярового ячменя, которые не высевали в оптимальные сроки. В наших исследованиях ячмень был посеян на 5...6 день наступления физической спелости почвы, то есть в оптимальные сроки, что в некоторой степени уменьшило негативное влияние погодных условий и обеспечило формирование большего урожая в сравнении с более поздними посевами. По нашим данным этого года, при опоздании с севом на 7 суток разница по урожайности между аналогичными посевами ярового ячменя доходила до 6...8 ц/га.

Таким образом, анализируя погодные условия исследуемых лет, делаем вывод о том, что два года исследований – 2005 и 2006 годы были достаточно благоприятными, без существенных отклонений от средних многолетних данных. В 2007 году отмечена достаточно высокая температура в начале развития растений – аномально высокая к тому же в марте, апреле и мае суммарное количество осадков было значительно меньше среднестатистических данных, что негативно отразилось на уровне урожайности яровых зерновых хлебов I группы.

Площадь посевной делянки в опытах 2005 и 2006 года для исследуемых вариантов составляла:

1. Контроль – 3,6 м x 50 м = 180 м².
2. АПП-6 рядный – 3 м x 50 м = 150 м².

Площадь посевной делянки в опытах 2007 года для исследуемых вариантов составляла:

1. Контроль – 3,6 м x 25 м = 90 м².
2. АПП-6 рядный – 3 м x 25 м = 75 м².

Площадь учетного участка в проведенных опытах 2005, 2006 гг. составляла 100 м² (длина – 50 м, ширина – 2 м). Площадь учетного участка каждого варианта на фоне обоих предшественников в 2007 г. составляла 50 м² (длина – 25 м, ширина – 2 м), что не противоречит методике проведения исследований. Форма исследуемых участков – прямоугольная (отношение длины к ширине составляет 10:1 и более). В опыте присутствуют конечные и защитные боковые

полосы. Каждый участок также выделяется конечными и боковыми защитными полосами. Ширина боковых защитных полос – не менее 0,5 м.

Общая площадь опыта в 2005 и 2006 гг., который состоял из 15 участков (5 вариантов x 3 повторения) составляла 0,28 га, в 2007 г. площадь под опытом, насчитывавший 24 участка (4 варианта x 2 предшественника x 3 повторения) составляла 0,35 га.

В проведенных исследованиях применяли общепринятую агротехнику методики для Восточной Лесостепи Украины, кроме изучаемых элементов.

Три года подряд рано весной при наступлении физической спелости почвы поле дисковали (после всех предшественников) на глубину 6...8 см. Перед севом семена каждый год протравливали пестицидом – «Рак сил». Сев ярового ячменя в 2005 г. проводили 3 апреля, в 2006 г. – 30 апреля, в 2007 г. – 28 марта. Сеяли одновременно с внесением минеральных удобрений (нитроаммофоски) в расчете 100 кг физического вещества на 1 га. Для лучшего контакта семян с влажной почвой сразу после сева посеы прикатывали кольчато-шпоровыми катками. На посевах ярового ячменя в 2007 г. в фазу выхода в трубку и колошения проводили краевые обработки инсектицидами для уничтожения вредителей. Три года подряд применяли прямое комбайнирование. Зерно собирали при влажности 14 – 16 %.

Как было указано выше, в наших исследованиях использовали сеялку прямого сева типа:

– с рабочими органами подрезающего типа и полосовым распределением семян по площади питания;

К этому типу сеялок относятся агрегаты: АПП-6 (производства завода ПАО „Фрегат”).

Сеялка АПП-6 состоит из двух соединенных шарнирно рам и вентилятора, на одной из которых установлен бункер для семян с пневматическим централизованным высевальным аппаратом, на второй находятся двадцать плоскорежущих лап, объединенных семяпроводами с распределителем зерна. На задней части рамы установлена борона для равномерного распределения растительных остатков по поверхности поля.

Семена из бункера через дозатор и распределитель перемещаются по семяпроводам к лапам, которые заделывают их в почву. Рабочими органами почвообрабатывающей приставки являются волнистые диски, которые в ходе работы разрезают почву и рыхлят полосу для заделки в нее семян.

Сеялка состоит из двух бункеров под семена и удобрения, снизу бункеров установлены катушечные высевальные аппараты, которые семяпроводами соединены с дисковыми сошниками и прикатывающими катками. Дисковые ножи рыхлят верхний слой почвы на глубину заделки семян. Сошниковые системы заделывают семена в почву с междурядьем 17,5 см.

Ко второму типу сеялок прямого сева относится модернизированная сеялка АПП-6, в которой за плоскорежущими лапами установлены дисковые сошниковые системы с опорно-прикатывающими колесами. Сеялка прямого сева состоит из двух рам, как и сеялка АПП-6. На второй раме на задней части вместо борон установлены дисковые сошники с прикатывающими катками, к которым от распределителя подведены семяпроводы.

Плоскорежущими лапами рыхлится верхний слой почвы, после чего идут дисковые сошники, которые заделывают семена в почву и прикатывают опорными катками.

Одной из задач исследований было изучение влияния способов прямого сева на динамику всходов растений ярового ячменя сорта Докучаевский 15.

Всхожесть семян определяли по трем повторностям на каждом исследуемом варианте. В среднем за три года исследований мы видим, что наибольшую полевую всхожесть и дружность прорастания имели растения, которые высевали сеялкой АПП-6 с дисковыми сошниковыми системами.

Так, на начало фазы всходов в среднем за три года исследований в варианте, где применяли агрегат АПП-6 с дисковыми сошниковыми системами – 270 шт./м², что больше чем на контрольном варианте на 37 шт./м². Количество проросших зерен на начало фазы всходов в варианте, где изучали влияние сеялки АПП-6 с полосным способом сева, была не на много больше, чем на контроле – 238 шт./м², или только на 5 шт./м² больше.

Следует отметить, что в условиях 2005 года большее количество всходов на начало этой фазы развития было отмечено в варианте, в котором изучали влияние сеялки прямого сева АПП-6 с дисковыми сошниковыми системами – 235 шт./м².

Анализ данных табл. 5.13 показал, что наибольшую полевую всхожесть семян имели варианты исследований с использованием сеялки АПП-6 с дисковыми сошниками. В этих вариантах получены более дружные всходы.

Физико-механические свойства почв учитывают при конструировании и эксплуатации сельскохозяйственных машин, нормировании операций по обработке почв, износа рабочих органов, расходов горюче-смазочных материалов. Интерпретация зависимости роста и развития корней от почвенно-экологических условий также осуществляется с учетом физико-механических характеристик почв, потому что сопротивление почвы росту корней энергетически подобно проникновению в него металлического клина. К основным физико-механическим свойствам, как отмечалось, относятся твердость, плотность, липкость, пластичность и другие табл. 5.14 – 5.15.

Таблица 5.13

Динамика всходов ярового ячменя по исследуемым вариантам
в зависимости от способов прямого сева (среднее за 2005-2007 год.)

М. Год исследований	Варианты	Количество всходов растений, шт./м ²			Процент к контролю
		Начало всходов	Процент к полным всходам	Полные всходы	
2005 г.	Контроль	231,0	89,2	269,0	100
	АПП-6 рядный	235,0	94,0	250,0	96
	АПП-6 полосный	204,0	75,4	269,0	107
2006 г.	Контроль	226,0	87,2	259	100
	АПП-6 рядный	300,0	99,0	303,0	116
	АПП-6 полосный	273,0	92,5	295,0	113
2007 г.	Контроль	243	88,2	275,3	100
	АПП-6 рядный	274,3	93,3	294,0	106,8
Среднее по 2005-2007 г.г.	Контроль	233,3	87,1	267,8	100
	АПП-6 рядный	269,8	95,6	282,3	105,4
	АПП-6 полосный	238,5	84,5	282,0	105,3

Минимальные значения наблюдали в увлажненных рыхлых почвах легкого гранулометрического состава. При подсушивании почвы ее твердость резко возрастает. Так, если влажность уменьшается от 28...30 до 13...15 %, то твердость увеличивается от 5...6 до 20...25 кг/см².

Плотность почвы – очень важный показатель, который широко используется в почвенно-генетических, агрономелиоративных, агротехнических исследованиях для оценки строения почвы, его изменений при антропогенном использовании (особенно в случае механической обработки), в расчетах запасов почвенной влаги, питательных веществ, солей и тому подобное. Измерения при этом способе проводят в полевых условиях с помощью колец разного диаметра и объема, которые вгоняют в почву без нарушения ее строения.

Анализ данных табл. 5.14 показывает, что наибольшее влияние на плотность почвы имеет глубина. Следует также отметить, что плотность почвы в зоне развития корневой системы растений во всех исследуемых вариантах не выходила за пределы оптимальной. В проведенных исследованиях (в среднем за три года) в фазу полных всходов наибольшая плотность почвы отмечена на контрольном варианте.

Таблица 5.14

Плотность почвы на посевах ярового ячменя на разных глубинах в зависимости от вариантов прямого сева в разные фазы его вегетационного развития, г/см²

Года исследований	Сроки учета	Слой почвы, см	Варианты исследований		
			Контроль	АПП-6 полосный	АПП-6 рядный
2005 г.	Полные всходы	0–10	1,195	1,065	1,113
		10–20	1,265	1,210	1,213
		20–30	1,310	1,283	1,400
	Накануне уборки	0–10	1,183	1,050	1,040
		10–20	1,220	1,235	1,170
		20–30	1,187	1,250	1,212
2006 г.	Накануне уборки	0–20	1,275	1,230	1,105
		20–40	1,390	1,272	1,162
	Начало колошения	0–20	1,190	1,060	1,098
		20–40	1,280	1,227	1,225
	Накануне уборки	0–20	1,100	1,127	1,070
		20–40	1,295	1,265	1,240
2007 г.	Полные всходы	0–10	1,270	-	1,100
		10–20	1,280	-	1,250
		20–30	1,310	-	1,370
	Начало колошения	0–10	1,200	-	1,080
		10–20	1,260	-	1,150
		20–30	1,260	-	1,200
	Накануне сбора	0–10	1,190	-	1,060
		10–20	1,240	-	1,170
		20–30	1,180	-	1,240

Среднее по 2005–2007 гг.	Полные всходы	0–10	1,233	-	1,107
		10–20	1,273	-	1,232
		20–30	1,310	-	1,385
	Накануне сбора	0–10	1,190	-	1,050
		10–20	1,230	-	1,170
		20–30	1,184	-	1,226

Если сравнивать варианты, в которых изучали влияние агрегата АПП-6 с полосовым посевом дисковыми сошниками то мы видим, что в начале развития растений после высева сеялкой плотность была значительно меньше, чем при посеве сеялкой АПП-6 с дисковыми рабочими органами. В фазу колошения в 2006 и 2007 годах плотность почвы при различных вариантах прямого посева была примерно на одинаковом уровне в пределах оптимальных показателей. Несколько выше плотность в слое почвы 10...20 см (2007 г.) была на варианте, где изучали влияние прямого посева сеялкой СЗ-3,6, а в 2006 г. несколько выше показатели плотности отмечены в варианте, в котором изучали прямой посев. В целом в итоге следует отметить, что применение сеялок со стрелчатými рабочими органами благоприятно влияет на плотность почвы, в меньшей степени уплотняет почву, что в результате создает более оптимальные условия для полноценного развития растений ярового ячменя.

Вода нужна растениям как источник химических элементов, входящих в состав органических веществ, которые они синтезируют. Листья содержат около 85...90 %, а корни – 70...80 % воды. Недосток влаги в тканях сопровождается сильным замедлением физиологических и биохимических процессов, что приводит к уменьшению урожайности и ухудшению качества урожая.

Вода – один из главных элементов образования органического вещества в процессе фотосинтеза и является значительной частью сырой массы растений. Она принимает непосредственное участие во всех физиологических и биохимических процессах, происходящих в растениях. Обеспечение растений влагой зависит от ее запасов в почве, которые определяются количеством осадков и способностью почвы удерживать воду.

Влажность почвы имеет значительное влияние на развитие узла кущения и рост узловых корней. Узловые корни играют важную роль в потреблении растениями почвенной влаги и элементов минерального питания, что определяет степень формирования вегетативной массы растений и урожайности. Одной из задач проведенных исследований было определение

содержания влаги в пахотном слое почвы до 40 см в 2006 г. и до 30 см в 2005 и 2007 годах. Определение запасов влаги проводили в фазу полных всходов и в преддверии уборки урожая. Данные по влажности почвы представлены в табл. 5.15.

Таблица 5.15

Влажность почвы по слоям на посевах ярового ячменя в фазу полных всходов и накануне сбора урожая, % (данные за три года исследований)

Года исследований	Сроки учета	Слой почвы, см	Варианты исследований		
			Контроль	АПП-6 полосный	АПП-6 рядный
2005 г.	Полные всходы	0–10	13,6	12,3	12,6
		10–20	21,2	17,6	19,8
		20–30	17,8	14,2	12,4
	Перед уборкой	0–10	16,4	13,6	13,6
		10–20	15,0	14,2	15,6
		20–30	17,8	19,0	16,8
2006 г.	Полные всходы	0–20	21,0	20,7	20,5
		20–40	20,2	20,0	20,8
	Перед уборкой	0–20	20,6	21,2	21,3
		20–40	20,5	20,4	20,2
2007 г.	Полные всходы	0–10	13,6	-	13,3
		10–20	16,7	-	16,5
		20–30	16,7	-	15,6
	Перед уборкой	0–10	15,9	-	15,5
		10–20	15,6	-	16,8
		20–30	17,3	-	17,0

Анализ данных таблицы свидетельствует о том, что применение сеялки прямого сева способствует сохранению запасов продуктивной влаги в слое почвы от 0 до 40 см. Данная тенденция четко прослеживается на начале развития растений ярового ячменя. Анализ данных табл. 5.15. позволяет сделать вывод, что сплошные посевы в большей степени удерживают влагу в слое почвы 0...30 см и это способствует более благоприятным условиям для полноценного

развития вегетативной массы растений ярового ячменя и (как следствие) формированию большего урожая.

В верхнем слое почвы 0...10 см наименьшие запасы влаги отмечены во всех годах в варианте, в котором изучали влияние агрегата АПП-6 с дисковыми сошниками. Аналогичная тенденция отмечена во всех исследуемых годах, которые имели заметную разницу по погодным условиям, о чем свидетельствуют данные.

То есть: на начальных этапах роста посевы ярового ячменя на этих вариантах в большей степени застрахованы от неблагоприятных условий, в первую очередь недостатка влаги, что является существенным преимуществом по сравнению с традиционным контрольным вариантом.

Уборка урожая – завершающий этап выращивания культуры. Современные сорта ярового ячменя, включенные в Государственный реестр, способны достаточно интенсивно накапливать питательные вещества на протяжении всех фаз развития растений. В фазу молочной спелости они накапливают 40...50 % органических веществ и до 20 % – в период тестообразного состояния зерновок. Необходимо отметить, что переход от тестообразного состояния до восковой и полной спелости проходит весьма быстро. Именно эти биологические свойства налива и созревания зерна требуют проводить сбор урожая в сжатые сроки. При этом оптимальным способом уборки является прямое комбайнирование, чтобы не было процесса «стекания» зерна, потерь сухих веществ, и не ухудшилось качество зерна. В случае необходимости, как вынужденная мера, при наличии большого количества сорняков и неравномерном созревании нужно применять отдельный сбор. Раздельным способом яровой ячмень собирают в конце фазы восковой спелости при влажности зерна 30...35 % в сжатые сроки, чтобы не осыпалось зерно. Высоту среза устанавливают в пределах 15...20 см с тем, чтобы скошенная в валок растительная масса удерживалась на стерне и хорошо проветривалась.

В проведенных исследованиях уборку урожая ярового ячменя в опыте проводили прямым комбайнированием в фазу полной спелости при влажности зерна 16...18 %. Урожайность ярового ячменя по годам исследований и в среднем за три года исследований представлена в таблицах 5.16 – 5.18. Анализ данных результатов урожайности свидетельствует о различном влиянии исследуемых вариантов на изменчивость урожая ярового ячменя сорта Докучаевский 15. Важно отметить, в исследуемый период достаточно сильно отличались погодные условия по годам, однако по каждому изучаемому году наблюдали схожую тенденцию влияния вариантов на данный признак.

Таблица 5.16

Урожайность растений ярового ячменя в зависимости от способов прямого сева в среднем за
2005 – 2007 гг., ц/га

(предшественник ярового ячменя в 2005 и 2006 гг. – подсолнечник, в 2007 г. – соя)

Варианты	Исследуемые года			Среднее	% к среднему контролю
	2005	2006	2007		
Контроль	25,3	24,1	20,5	23,3	100,0
АПП-6 рядный способ	25,0	27,9	21,0	24,6	105,6

Таблица 5.17

Урожайность растений ярового ячменя в зависимости от способов
прямого сева в погодных условиях 2005 г., ц/га

Варианты	Повторности			Среднее	% к контролю
	I	II	III		
Контроль	26,0	23,8	26,2	25,3	100,0
АПП-6 полосный способ	27,3	22,7	24,0	24,6	97,2
АПП-6 рядный способ	25,6	26,3	23,2	25,0	98,8

Таблица 5.18

Урожайность растений ярового ячменя в зависимости от способов
прямого сева в погодных условиях 2006 г., ц/га

Варианты	Повторности			Среднее	% к контролю
	I	II	III		
Контроль	21,0	24,8	26,5	24,1	100,0
АПП-6 полосный способ	25,0	26,0	23,0	24,6	102,0
АПП-6 рядный способ	27,2	27,0	29,5	27,9	115,5

Одной из задач проведенных исследований было изучение влияния сеялок прямого сева на засоренность посевов ярового ячменя. Учет засоренности проводили после появления полных всходов ярового ячменя. В 2007 году этот показатель исследовали в фазу кущения. В дальнейшем (после учетов и анализов) опытные участки в целом обрабатывали гербицидами для уничтожения сорных растений.

Корректируя норму высева и способ сева, мы имеем возможность влиять на засоренность посевов, и (при оптимизации этих элементов технологии) можем уменьшить

количество сорных растений. Данные исследований по засоренности посевов приведены в таблице 5.19.

Анализ данных таблицы 5.19, показал, что наименьшую засоренность имели варианты посева сеялкой АПП-6 с полосовым способом высева. Это можно объяснить низким качеством обработки почвы, что отрицательно повлияло на всхожесть семян сорных растений. В то же время следует отметить, что рассредоточение семян по площади питания (при оптимизации нормы высева) в большей степени способствует подавлению сорняков.

При этом количество сорняков в контрольном варианте равнялась 38 шт./м², а на варианте, где применяли агрегат АПП-6 с дисковыми сошниками – почти 39 шт./м². В погодных условиях 2007 года наибольший уровень засоренности отмечено на контрольном варианте.

Таблица 5.19

Загрязненность посевов ярового ячменя в зависимости от вариантов прямого посева в фазу кущения за три года исследований (2005 – 2007 гг.)

Исследованные годы	Варианты	Количество сорных растений, шт./м ²			% к контролю многолетних сорных растений	% к контролю однолетних сорных растений	% к контролю всех сорных растений
		Многолетние	Однолетние	Всего			
2005 г.	Контроль	-	-	9,6	-	-	100
	АПП-6 полосный	-	-	3,1	-	-	32,2
	АПП-6 рядный	-	-	5,0	-	-	32,1
2006 г.	Контроль	12,3	25,9	37,6	100	100	100
	АПП-6 полосный	9,6	15,3	24,9	78	59	66,2
	АПП-6 рядный	4,0	43,3	47,3	32	167	125,8
2007 г.	Контроль	23,1	59,1	82,2	100	100	100
	АПП-6 рядный	19,3	42,4	61,7	83,5	71,7	75,1
Среднее по 2006 – 2007 гг.	Контроль	17,7	42,5	60,2	100	100	100
	АПП-6 рядный	11,7	42,9	54,6	66,1	100,9	90,7
	АПП-6 полосный	9,6	15,3	24,9	54,2	36,0	41,4
Среднее по 2005 – 2007 гг.	Контроль	-	-	43,1	-	-	100
	АПП-6 рядный	-	-	38,0	-	-	88,2
	АПП-6 полосный	-	-	14,0	-	-	32,5

При этом разница в большей степени выявлена по однолетним сорнякам. Из проведенных исследований можно сделать вывод о том, что способы сева в значительной степени корректируют уровень засоренности посевов ярового ячменя, в большей степени за счет предпосевной подготовки почвы.

Применение сеялок прямого сева требует соблюдения общепринятых рекомендаций выращивания. В первую очередь следует четко устанавливать норму высева с учетом сортовых особенностей, подбирать лучшие предшественники, при необходимости применять химические средства защиты растений.

Исследования за ростом растений в течение вегетационного периода в зависимости вариантов способа посева проводили в 2007 г.

Интенсивность роста растений ярового ячменя в значительной степени зависит от площади питания, а также формы этой площади, то есть фактор нормы высева в взаимосвязи с фактором способа посева в значительной степени определяют интенсивность роста растений ярового ячменя.

Высота растений имеет большее значение в формировании урожайности растений в сочетании с площадью листовой поверхности растения. Увеличение высоты растений в первую очередь способствует увеличению площади листовой поверхности культуры и накоплению большей вегетативной массы на единицу площади.

Предшественником был подсолнечник, а сев осуществляли ячменем яровым. Весной весь участок был вылуцен дисковым луцильником. На контроле проводили плоскорезную обработку почвы культиватором КПЭ-3,8, предпосевная культивация культиватором КПС-4 и сев зерновой сеялкой СЗ-3,6. На всех остальных вариантах подготовку почвы и сев проводили за один проход агрегата с помощью сеялок прямого сева.

На всех вариантах опыта норма высева семян ячменя ярового равнялась 250 кг/га. Во время сева определяли структурный состав почвы до обработки и по всем вариантам опытов в зоне заделки семян.

Всхожесть семян определяли двумя повторностями по трем вариантам на 1 м² в три срока.

Засоренность участка определяли двумя повторностями по трем вариантам на 1 м². Считались отдельно однолетние и многолетние сорняки. В последствии весь участок был обработан гербицидом с целью уничтожения сорных растений.

Влажность почвы, твердость и плотность по слоям определялась во время появления первых всходов, в период начала колошения и перед уборкой.

Влажность почвы определяли в слоях: 0 – 20 см; 20 – 40 см; 40 – 60 см; 60 – 80 см; 80 – 100 см. Твердость почвы определяли на глубинах 10, 20 и 30 см. Плотность почвы определяли в слоях 0 – 20 см и 20 – 40 см.

Качественные показатели работы сеялок прямого сева оценивали структурным составом почвы и ее коэффициентом структурности. Во время сева влажность почвы в поверхностном слое составляла 22,4 % и среднюю глубину заделки семян во всех вариантах опыта устанавливали на уровне 5 см. Сев проводили при скорости движения агрегатов около 10 км/час.

Дисперсионный анализ полученных данных показал, что их достоверность (определенная с помощью критерия Фишера) составляет 95 %, а разница между вариантами опыта – существенная.

Данные табл. 5.20. показывают, что наилучшее качество подготовки семенного ложа имели сеялки прямого сева АПП-6 с дисковыми сошниковыми системами в которых коэффициент структурности почвы равнялся 3,5.

Таким образом, рабочие органы сеялки АПП-6 с дисковыми сошниковыми системами улучшили в 1,2...1,7 раза качество крошения почвы, в сравнении с контрольным вариантом плоскорежущая лапа сеялки АПП-6 не в состоянии обеспечить качественной подготовки семенного ложа и по сравнению с контролем имели ниже примерно на 30 % значение коэффициента структурности.

Таблица 5.20

Структурный состав почвы в семенном ложе

Варианты	Повторности	Фракции, мм					Коэф. структурности
		> 10,0	10,0 – 1,00	1,0 – 0,5	0,5 – 0,25	< 0,25	
Контроль	1	44,1	50,0	5,02	0,40	0,20	1,25
	2	30,0	62,8	6,28	0,44	0,20	2,30
	3	33,0	59,2	6,92	0,46	0,20	2,01
	Ср.	35,7	57,3	6,07	0,43	0,20	1,85
АПП-6 полосный способ	1	42,86	52,4	3,19	1,07	0,48	1,31
	2	41,98	55,3	1,90	0,57	0,19	1,37
	3	47,8	47,8	3,80	0,70	0,30	1,09
	Ср.	44,2	51,8	2,96	0,78	0,32	1,25
АПП-6 рядный способ	1	20,96	74,0	4,18	0,52	0,22	3,73
	2	21,9	72,1	5,15	0,51	0,25	3,51
	3	22,8	73,0	3,40	0,45	0,22	3,34
	Ср.	21,88	73,0	4,24	0,49	0,23	3,52

НСР = 0,68

Динамика всходов растений по вариантам опытов приведена в табл. 5.21.

Таблица 5.21

Динамика всходов ячменя ярового по вариантам

Варианты	Повторности	Количество всходов растений, шт./м ²			% к контролю
		начало всходов на 10.05.05	% к полным всходам	полные всходы на 18.05.05	
Контроль	1	189		267	
	2	247		240	
	3	244		270	
	Ср.	226	87,2	259	100
АПП-6 полосный способ	1	237		273	
	2	264		280	
	3	319		334	
	Ср.	273	92,5	295	113
АПП-6 рядный способ	1	320		318	
	2	300		304	
	3	280		287	
	Ср.	300	99	303	116

НСР=12,9

Достоверность данных таблицы, определенная с помощью F-критерия, составила 95 %. Сравнения показателей всхожести семян по вариантам имели существенную разность.

Анализ данных таблицы показал, что наибольшую полевую всхожесть семян имели варианты опыта с использованием сеялки АПП-6 с дисковыми сошниками. В этих вариантах всходы были получены более дружными.

Результаты исследований по определению засоренности посевов ячменя ярового приведены в табл. 5.22.

Таблица 5.22

Засоренность посевов ячменя ярового по вариантам

Варианты	Поверхности	Количество сорных растений, шт./м ² на 18.05.05			% к контролю многолетних сорных растений	% к контролю однолетних сорных растений	% к контролю всего сорных растений
		Многолетние	Однолетние	Всего			
Контроль	1	15	31	46			
	2	7	30	37			
	3	15	15	30			
	ср	12,3	25,9	37,6	100	100	100
АПП-6 полосный способ	1	8	17	25			
	2	10	17	27			
	3	11	12	33			
	ср	9,6	15,3	28,3	78	59	75
АПП-6 рядный способ	1	2	50	52			
	2	5	50	55			
	3	5	30	35			
	ср	4	43,3	38,6	32	167	102

НСР = 19,6

Учет опытов проводили после полного появления всходов ячменя. В дальнейшем участок был обработан гербицидами, в результате чего сорные растения были уничтожены.

Достоверность данных таблицы по F-критериях составила 95 %, а разница между вариантами опыта не является существенной.

Наименьшую засоренность имели варианты посева сеялкой АПП-6 с полосным способом. Это можно объяснить низким качеством обработки почвы, что оказало отрицательное влияние на всхожесть семян сорных растений.

Показатели влажности почвы по слоям в сроки получения полных всходов, начала колошения и перед уборкой представлены в табл. 5.23.

Таблица 5.23

Влажность почвы по слоям на посевах ярового ячменя
в различные строки его вегетационного развития, %

Сроки	Слои	Повторности	Варианты		
			Контроль	АПП-6 полосный	АПП-6 рядный
1	2	3	4	6	7
Полные всходы 18.05.05	0–20	1	22,0	20,7	19,8
		2	21,2	19,8	21,2
		3	20,9	21,3	20,9
		4	19,9	20,9	20,1
		Ср.	21	20,7	20,5
		% к контр.	100	98,5	97,6
	20–40	1	21,3	19,8	21,3
		2	20,7	19,5	20,1
		3	18,7	20,7	19,8
		4	20,1	19,8	21,8
		Ср.	20,2	20,0	20,7
		% к контр.	100	99	102
Начало колошения 10.07.05	0–20	1	21,6	19,6	21,6
		2	20,3	20,3	20,8
		3	19,6	18,9	21,0
		4	20,9	19,4	21,3
		Ср.	20,6	19,6	21,1
		% к контр.	100,0	95,0	102,0
	20–40	1	21	21,2	20,8
		2	20,7	21,4	20,6
		3	20,4	20,9	20,8
		4	19,9	20,8	21,1
		Ср.	20,5	21,07	20,8

		% к контр	100	105	101
Перед уборкой 21.08.05	0–20	1	20,7	20,9	22,3
		2	21,3	22,4	21,9
		3	19,8	21	20,8
		4	20,7	20,8	21,3
		Ср.	20,6	21,2	21,3
		% к контр.	100	102,8	103,3
		1	21	19,7	20,3
	20–40	2	20,5	21,7	20,1
		3	20,3	19,9	19,8
		4	20,3	20,3	20,7
		Ср.	20,5	20,4	20,2
		% к контр.	100	99	98

HCP=0,197

Достоверность данных таблицы (определяли с помощью критерия Фишера) составила 95 %, а разница между вариантами опыта является существенной. Данные таблицы показывают, что в период появления полных всходов растений в слое почвы 0 – 20 см в вариантах использования сеялки АПП-6 влажность почвы была ниже на 1,5 – 2,4 % по отношению к контролю.

В нижних слоях почвы на глубине 20 – 40 см разница во влажности почвы не превышала 1 %. На начало колошения ячменя ярового в верхнем слое почвы влажность была наименьшей в вариантах использования сеялок с подрезающими лапами и полосных посевов, то есть в вариантах сеялки АПП-6. Разница во влажности (в сравнении с контролем) отличалась примерно на 5 %. В нижних слоях почвы (20...40 см) самая высокая влажность была в вариантах использования полосного посева сеялкой АПП-6.

Перед уборкой влажность верхних слоев почвы была выше на 3 – 5 % чем на контроле (в вариантах использования сеялки АПП-6 с дисковыми сошниками). В этих же вариантах влажность почвы в нижних слоях была ниже на 1 – 2 %, чем на контроле.

Показатели плотности почвы по слоям в сроки полных всходов, начала колошения и перед уборкой приведены в табл. 5.24.

Таблица 5.24

Плотность почвы на посевах ячменя ярового по слоям
в различные сроки его вегетационного развития, г/см²

Сроки	Слои	Повторно сть	Варианты		
			Контроль	АПП-6 полосный	АПП-6 рядный
1	2	3	4	5	6
Полные всходы 18.05.05	0–20	1	1,33	1,25	1,0
		2	1,21	1,23	1,13
		3	1,28	1,20	1,11
		4	1,28	1,24	1,18
		ср	1,27	1,23	1,10
	20–40	1	1,39	1,27	1,15
		2	1,47	1,29	0,98
		3	1,39	1,26	1,24
		4	1,31	1,27	1,28
		ср	1,39	1,272	1,162
Начало колошени я 10.07.05	0–20	1	1,23	0,99	1,06
		2	1,07	1,18	1,12
		3	1,25	1,01	1,07
		4	1,21	1,09	1,14
		ср	1,19	1,06	1,09
	20–40	1	1,33	1,22	1,16
		2	1,25	1,25	1,26
		3	1,28	1,23	1,23
		4	1,26	1,21	1,25
		ср	1,28	1,23	1,22
Перед уборкой 21.08.05	0–20	1	1,10	1,11	1,08
		2	1,19	1,05	0,98
		3	1,15	1,19	1,09
		4	0,96	1,16	1,13

		ср	1,10	1,13	1,07
	20–40	1	1,31	1,28	1,30
		2	1,31	1,25	1,18
		3	1,28	1,24	1,23
		4	1,28	1,29	1,25
		ср	1,29	1,26	1,24

НСР = 0,034

Достоверность данных составила 95 %, а разница между вариантами опыта является значимой. Анализ данных таблицы показывает, что наибольшее влияние на плотность почвы оказывает глубина, доля которой составляет 45,26 %. Доля влияния вариантов опыта и сроков отбора образцов составляла 11, 61 % и 4 и 2 % соответственно. Плотность почвы в зоне развития корневой системы растений во всех вариантах опыта не выходила за пределы оптимальной. Наибольшая плотность по горизонтам и срокам развития растений была на контрольном варианте.

Урожайность ячменя ярового по вариантам представлена в табл. 5.25.

Достоверность полученных данных по урожайности составила 87,5 %. Наивысшая урожайность ячменя ярового была получена в вариантах использования сеялки АПП-6 с дисковой и сошниковой системой, которая по отношению к контролю была более высокой соответственно на 18,4 % и 15,5 %. Разница между этими вариантами составила менее наименьшей существенной разницы.

Таблица 5.25

Урожайность ячменя ярового по вариантам, ц/га

Варианты	Повторности				% к контролю
	1	2	3	ср	
Контроль	21,0	24,8	26,5	24,1	100
АПП-6 полосный способ	25,0	26,0	23,0	24,6	102,03
АПП-6 рядный способ	27,2	27,0	29,5	27,9	115,5

НСР=3,0

Комбинированная машина АПП-6 «Фрегат» представляет собой пневматическую сеялку-культиватор, предназначенную для работы как на полях, предварительно вспаханных, так и для посева по стерне без предварительной обработки. За один проход машина позволяет выполнить обработку почвы и сев. Сев проводят полосами шириной не менее 15 см, что обеспечивает наиболее благоприятные условия для развития растений в сравнении с рядовым посевом. Конструкцией машины предусмотрено высев пшеницы, ячменя, бобовых, кукурузы, подсолнечника, риса и кормовых культур.

Техническая характеристика машины

Тип агрегата	– прицепной
Агрегируется с тракторами класса	– 3 и 5 т
Производительность за 1 час основного времени, га/ч:	
– по обработанному фону	– 3,5 ... 5,5
– по необработанному фону	– 3,0 ... 4,4
Рабочая ширина захвата, м	– 6
Рабочая скорость движения, км/ч	– 6 ... 12
Объем бункера, м ³	– 3
Норма высева, кг/га	– до 350
Глубина заделки семян, мм	– 40 ... 100
Ширина междурядий, см	– 30
Масса, кг (не более)	– 7000

Испытания проводили на полях учхоза «Коммунист» Харьковского района и других хозяйствах Харьковской области. Начиная с 25 сентября 2000 г. за 14 рабочих дней машиной АПП-6 с трактором ХТЗ-17421 посеяно озимую пшеницу и рожь на площади 420 га. Максимальная производительность агрегата за световой день составила 40 га при эксплуатационном расходе дизельного топлива 7...8 л/га. Скорость движения агрегата

составила 9...10 км/ч. Годовая наработка машины при совмещении обработки почвы и посева может составлять 2000 га.

В результате исследований определяли следующие показатели работы:

- равномерность глубины заделки семян по ширине захвата машины;
- равномерность глубины заделки семян по ширине захвата лапы;
- равномерность глубины заделки семян по ходу движения машины;
- равномерность распределения семян по ширине посева одного ряда.

Результаты исследований сведены в табл. 5.26; 5.27; 5.28 и 5.29.

Согласно ОСТ 70.5.1-82 определены среднеквадратические отклонения σ , коэффициент вариации v для каждого из вариантов исследований.

Таблица 5.26

Глубина заделки семян по ширине захвата машины, см

№ повторности	Л а п ы										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	4,0	5,0	5,0	3,0	5,0	7,0	7,0	7,0	6,0	6,0	5,0
2	5,5	3,0	6,0	5,0	5,0	6,5	3,5	4,5	6,0	7,0	7,0
3	3,5	3,0	3,5	7,0	6,0	6,0	6,5	6,0	7,0	6,5	7,0
Сред.	4,3	3,6	4,8	5,0	5,3	6,5	5,6	5,8	6,3	6,5	6,3

Таблица 5.27

Глубина заделки семян по ширине захвата лапы, см

№ повторности	З а м е р ы				
	1	2	3	4	5
1	4,5	4,5	5,0	4,0	4,0
2	3,5	4,0	5,0	5,5	5,0
3	5,0	5,3	6,0	5,0	5,5
4	7,0	6,5	5,5	6,0	6,0
Сред.	5,1	5,25	5,3	5,12	5,1

Таблица 5.28

Глубина заделки семян по ходу движения машины, см

№ пов- тор- нос- ти	Л а п ы															
	1				2				3				4			
	З а м е р ы															
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	7,0	5,0	5,0	5,5	5,0	6,5	6,0	5,0	7,0	7,0	7,5	6,5	6,0	6,0	6,5	7,0
2	6,0	7,0	4,5	6,0	6,0	7,5	5,5	6,5	6,0	7,0	8,5	5,0	4,5	5,5	5,0	7,0
3	5,0	6,0	4,5	5,5	5,0	6,5	7,0	6,0	7,0	7,5	7,5	5,0	5,0	6,0	6,0	6,5
4	7,0	6,0	4,0	6,0	6,0	6,0	6,5	6,0	7,0	6,0	5,0	5,5	6,5	6,5	5,5	6,0
Сред.	6,25	6,0	4,5	5,75	5,5	6,62	6,25	5,8	6,75	6,8	7,1	5,25	5,5	6,0	5,75	6,75

Таблица 5.29

Ширина высева одного рядка, см

№ повторн ости	Точка замера									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	22	23	20	20	22	19	17	23	20
2	22	20	25	26	23	21	22	20	21	22
3	19	20	21	18	22	21	22	19	18	20
Сред.	22,0	20,6	23,0	23,3	21,6	21,3	21,0	18,6	20,6	20,6

Таким образом, в процессе производственных испытаний сеялки прямого посева АПП-6 было сформировано следующее:

Замечания к экспериментальной сеялке АПП-6:

1. При выполнении сельскохозяйственных работ сеялкой АПП-6 необходимо предусмотреть внесение минеральных удобрений;
2. Дисковые сошники улучшают конструкцию путем индивидуального копирования поверхности поля, конструктивной ошибкой завода «Фрегат» является использование в конструкции сеялки коротких поводков, ухудшающих процесс равномерности заделки семян.

Во время испытаний с целью улучшения качества выполнения технологического процесса сеялка было частично модернизирована и внесены следующие конструктивные изменения:

1. Вентиляторную установку сняли с рамы сеялки и навесили на механизм навески трактора. Это позволило на разворотах агрегата не выключать ВОМ и упростить привод вентиляторной установки.

2. Замена высевающего аппарата с распределителем семян улучшила равномерность высева и обеспечила постоянство заданной нормы высева, позволила увеличить набор с.-х. культур для посева.

3. Выполнили герметизацию заправочного люка и семенного бункера.

4. Для контроля за пневмосистемой установили на бункере установили манометр.

В результате обработки данных полевых испытаний были получены следующие результаты:

1. Коэффициент неравномерности по ширине захвата сеялки составил 12,7 %.

2. Неравномерность распределения по ширине захвата лапы – 6,7 %.

3. Неравномерность по ходу движения посевного агрегата – 1,2 %.

4. Неравномерность глубины заделки семян по ширине лапы – 9,5 %.

5. Неравномерность глубины заделки семян по ходу движения лапы – 5,3 %.

В результате испытаний определено, что для надежности выполнения технологического процесса необходимо устранить недостатки по таким замечаниям:

1. Люфт сойлентблоков подвески подвижной рамки.

2. Между рычагами рамки придерживаться параллельности.

3. Устранить свободное колебание стоек лап (это приводило к разобшению регулировочного механизма, нарушению угла измельчения и ухудшению равномерности распределения зерна по ширине и глубине его заделки).

4. В конструкции сеялки с использованием ВОМ для привода вентилятора вместо переднего гидроцилиндра прицепа целесообразно было бы установить тягу с возможностью регулировки ее длины.

5. Установить систему контроля высева.

6. Установить чистики опорных катков рабочих секций.

7. Установить на сеялку устройство для внесения минеральных удобрений.

8. Для регулирования параллельности основной рамы сеялки в ее комплект необходимо добавить скобы различной толщины.

9. Добавить инструкцию по эксплуатации.

Анализ полевых данных показал:

Неравномерность распределения семян под лапами машины не превышает 10 %, отклонения от заданной нормы – не более 5 %, а количество семян, которые попали в допустимый интервал в пределах ширины захвата лапы, составляет 80 %, по ходу машины – 68,8 % и по ширине захвата – 55,6%. Таким образом, показатели распределения семян по площади удовлетворяют требования агротехники.

1. Глубина заделки семян по ширине захвата машины колеблется от 3,6 до 6,3 см, что превышает допустимые агротехникой отклонения (± 1 см).

2. Глубина заделки по ширине захвата лапы колеблется в пределах 5,1...5,3 см, что удовлетворяет требования агротехники.

3. Модернизация сеялки АПП-6 с использованием дисковой сошниковой системы позволила улучшить коэффициент структурности почвы примерно в 3 раза, что обеспечило повышение урожайности ячменя более чем на 13 %.

4. Во время испытаний сеялки АПП-6 с дисковыми сошниковыми системами наблюдали забивание их растительными остатками. Сравнение конструктивных параметров сошниковых систем сеялки СЗ-3,6 и АПП-6 показало, что короткие и длинные поводки последней имеют меньшую длину соответственно на 50 и 250 мм, а высоту расположения сошникового бруса – меньше на 45 мм.

5. После доработки конструкции поводков дисковых сошниковых систем сеялку прямого сева АПП-6 можно рекомендовать для широкого внедрения в производство.

Анализ результатов исследований (табл. 5.26 – 5.29) показал, что:

1. Комбинированная машина может быть использована для прямого высева зерновых культур, а также для традиционных технологий их выращивания.

2. Неравномерность распределения семян между лапами машины не превышает 10 %.

3. Отклонения от заданной нормы не превышает 5 %.

4. Количество семян, которые попали в допустимый интервал их заделки по глубине в пределах ширины захвата лап составил 80 %, по ходу машины – 68,8 %, по ширине захвата – 55,6 %.

5.3 Результаты экспериментальных исследований машины «Мелания»

Актуальность исследований обусловлена недостаточной изученностью новых способов прямого сева в условиях восточной Лесостепи Украины. Почти не изучено влияние различных норм высева на рост и развитие растений при сплошном высеве сеялками типа «Мелания». Также, по нашему мнению, весьма важным является изучение влияния различных способов

посева сеялок прямого сева на распределение семян по глубине, что является весовым фактором влияния на биометрические показатели, урожайность, выживаемость растений. Отсутствуют данные о начальном этапе формирования урожая, биометрические показатели, значение их взаимодействия в моновидовых посевах. Для реализации поставленной цели нами были выполнены следующие задачи:

а) изучено влияние различных способов прямого сева на рост и развитие ярового ячменя;

б) изучено влияние различных норм высева при сплошном посеве сеялкой типа «Мелания» на рост, развитие и формирование урожая ярового ячменя;

в) исследовано влияние равномерности размещения растений по поверхности поля на водный режим почвы;

г) исследовано влияние различных способов посева сеялок прямого высева типа на биометрические показатели, динамику роста и развития;

д) определена оптимальную норму высева при сплошном севе сеялки прямого сева «Мелания».

Объектом исследования выступали основные составляющие формирования урожайности ярового ячменя. Предметом исследования были основные элементы технологии выращивания, способы сева, нормы высева, их взаимодействие на развитие растений и урожайность ярового ячменя. В результатах исследований обоснована целесообразность применения сеялок прямого сева: «Мелания» для сева ярового ячменя. Доказано, что оптимизация площади питания при сплошном севе сеялкой «Мелания» позволяет растениям полнее реализовать потенциальные возможности, что проявляется прежде всего в увеличении урожая. На основе результатов исследований рекомендована оптимальная норма высева растений ярового ячменя при сплошном севе сеялкой прямого сева «Мелания».

При проведении исследований использовали сеялку прямого сева «Мелания» с рабочими органами подрезающего типа и полосным (сплошным) распределением семян по площади.

В 2005 и 2006 годах предшественником ярового ячменя был подсолнух, в 2007 году изучение влияния сеялок на развитие и урожайность растений ярового ячменя проводили на фоне предшественника: чистый пар.

Опыт заложен в трехкратном повторении, согласно методики Б.А. Доспехова. Количество испытательных вариантов в 2005 и 2006 годах составляло 5, а в 2007 году – 4 варианта способа сева на двух разных предшественниках.

В проведенных исследованиях изучали влияние вариантов сева ярового ячменя. В наших опытах контрольным был вариант, где сеяли обычной зерновой сеялкой СЗ-3,6. На контроле проводили плоскорезное возделывание почвы культиватором КПЭ-3,8, предпосевную культивацию – культиватором КПС-4 и сев – зерновой сеялкой СЗ-3,6. На исследуемых вариантах подготовку почвы и сев проводили за один проход агрегата с помощью сеялок прямого сева. Сеяли яровой ячмень согласно рекомендаций на глубину 5,0 см, с нормой высева – 5,5 млн. всхожих семян на 1 га.

Площадь посевной делянки в опытах 2005 и 2006 года для исследуемых вариантов составляла:

1. Контроль – $3,6 \text{ м} \times 50 \text{ м} = 180 \text{ м}^2$.
2. «Мелания» – $4,5 \text{ м} \times 50 \text{ м} = 225 \text{ м}^2$.

Площадь посевной делянки в опытах 2007 года для исследуемых вариантов составляла:

1. Контроль – $3,6 \text{ м} \times 25 \text{ м} = 90 \text{ м}^2$;
2. «Мелания» – $4,5 \text{ м} \times 25 \text{ м} = 112 \text{ м}^2$.

Площадь участка в проведенных опытах 2005, 2006 гг. составляла 100 м^2 (длина – 50 м, ширина – 2 м). Площадь делянки каждого варианта на фоне обоих предшественников в 2007 г. составляла 50 м^2 (длина – 25 м, ширина – 2 м), что не противоречит методике проведения исследований. Форма исследуемых участков – прямоугольная (отношение длины к ширине составляет 10 : 1 и более). В опыте есть конечные и защитные боковые полосы. Каждый участок также выделяли конечными и боковыми защитными полосами. Ширина боковых защитных полос – не менее 0,5 м.

Общая площадь опыта в 2005 и 2006 гг., который состоял из 15 участков (5 вариантов x 3 повторения) составляла 0,28 га, в 2007 г. площадь под опытом, насчитывавший 24 участка (4 варианта x 2 предшественника x 3 повторения) составляла 0,35 га.

Всхожесть семян определяли по трем повторностям на каждом исследуемом варианте. В среднем за три года исследований мы установили, что наибольшую полевую всхожесть и дружность прорастания имели растения, которые высевали сеялкой «Мелания» с дисковыми сошниковыми системами. Так, на начало фазы всходов в среднем за три года исследований в варианте, где применяли сеялку «Мелания», количество растений составляло почти 280 шт./ м^2 .

Похожая тенденция отмечена в 2006 и 2007 исследуемых годах. Так, в 2006 г. наибольшее количество всходов на начало фазы всходов отмечено в варианте, где применяли сеялку «Мелания» – 320 шт./м², в 2007 г. – 301 шт./м². Количество всхожих растений на контрольном варианте соответственно по годам равнялась 226 и 243 шт./м².

В фазу полных всходов большее количество растений (в среднем за три года исследований) было в варианте, где для сева использовали сеялку «Мелания» – 298 шт./м². Анализ данных таблицы 5.30 показал, что наибольшую полевую всхожесть семян имели варианты исследований с использованием сеялки «Мелания», в этом варианте получены более дружные всходы.

Таблица 5.30

Динамика всходов ярового ячменя по исследуемым вариантам
в зависимости от способов прямого сева (среднее по 2005 – 2007 гг.)

Года исследований	Варианты	Количество всходов растений, шт./м ²			Процент к контролю
		Начало всходов	Процент к полным всходам	Полные всходы	
2005 г.	Контроль	231	89,2	269	100
	«Мелания»	218	88,0	249	96
2006 г.	Контроль	226	87,2	259	100
	«Мелания»	320	98,4	325	125
2007 г.	Контроль	243	88,2	275,3	100
	«Мелания»	301	94,3	319,3	116
Среднее за 2005–2007 гг.	Контроль	233,3	87,1	267,8	100
	«Мелания»	279,7	93,9	297,8	111,2

Например, в слое почвы 10...20 см плотность почвы на контрольном варианте составила 1,273 г/см², а в вариантах, где изучали влияние сеялки «Мелания» – 1,145 (см. табл. 5.31). Если сравнивать варианты, в которых изучали влияние сеялки прямого сева «Мелания», то мы видим, что в начале развития растений после сева сеялкой «Мелания» плотность была значительно меньше. Только в условиях 2006 года плотность почвы была несколько больше на варианте, где сев проводили сеялкой «Мелания». В фазу колошения в 2006 и 2007 годах плотность почвы при различных вариантах прямого сева была примерно на одинаковом уровне в пределах оптимальных показателей. Несколько выше плотность в слое почвы 10...20 см (2007 г.) была на

варианте, где изучали влияние прямого сева сеялкой СЗ-3,6 а в 2006 г. несколько выше показатели плотности отмечены в варианте, в котором изучали прямой сев сеялкой «Мелания». В целом в итоге следует отметить, что применение сеялок со стрелчатými рабочими органами более благоприятно влияет на плотность почвы, в меньшей степени уплотняет почву, что в результате создает более оптимальные условия для полноценного развития растений ярового ячменя.

Таблица 5.31

Плотность почвы на посевах ярового ячменя на разных глубинах в зависимости от вариантов прямого сева в разные фазы его вегетационного развития, г/см²

Годы исследований	Сроки учета	Слой почвы, см	Варианты исследований	
			Контроль	«Мелания»
2005 г.	Полные всходы	0–10	1,195	1,095
		10–20	1,265	1,080
		20–30	1,310	1,300
	Накануне сбора	0–10	1,183	1,030
		10–20	1,220	1,150
		20–30	1,187	1,250
2006 г.	Полные всходы	0–20	1,275	1,145
		20–40	1,390	1,275
	Начало колошения	0–20	1,190	1,117
		20–40	1,280	1,287
	Накануне сбора	0–20	1,100	1,107
		20–40	1,295	1,282
2007 г.	Полные всходы	0–10	1,270	1,150
		10–20	1,280	1,210
		20–30	1,310	1,300
	Начало колошения	0–10	1,200	1,130
		10–20	1,260	1,180
		20–30	1,260	1,260
	Накануне сбора	0–10	1,190	1,060
		10–20	1,240	1,190
		20–30	1,180	1,230
Среднее за 2005–	Полные всходы	0–10	1,233	1,123

2007 г.		10–20	1,273	1,145
		20–30	1,310	1,300
	Накануне сбора	0–10	1,190	1,045
		10–20	1,230	1,170
		20–30	1,184	1,240

Таблица 5.32

Влажность почвы по слоям на посевах ярового ячменя в фазу полных всходов и накануне сбора урожая, % (данные по трем годам исследований)

Годы исследований	Сроки учета	Слой почвы, см	Варианты исследований	
			Контроль	«Мелания»
2005 г.	Полные всходы	0–10	13,6	13,0
		10–20	21,2	19,2
		20–30	17,8	16,0
	Перед уборкой	0–10	16,4	18,4
		10–20	15,0	18,6
		20–30	17,8	18,6
2006 г.	Полные всходы	0–20	21,0	21,1
		20–40	20,2	20,3
	Перед уборкой	0–20	20,6	21,8
		20–40	20,5	20,2
2007 г.	Полные всходы	0–10	13,6	13,6
		10–20	16,7	16,9
		20–30	16,7	15,4
	Перед уборкой	0–10	15,9	15,1
		10–20	15,6	17,9
		20–30	17,3	16,3

Так, в фазу полных всходов, в условиях 2005 г. запасы продуктивной влаги в слое почвы 0...30 см в варианте, где применяли для сева ярового ячменя сеялку «Мелания», данный показатель был на уровне 16,0 %. Несколько большей была влажность в контрольном варианте – 17,8 %. Так, влажность почвы в этом варианте составляла около 20 %, а на контрольном варианте – около 18 %. Влажность на кануне уборки урожая в варианте, где изучали влияние

сеялки «Мелания» составляла 18,6 %. Следует отметить, что в исследуемые годы накануне уборки урожая в слое почвы 10...20 см наибольшее содержание продуктивной влаги было отмечено в варианте, где изучали влияние сеялки прямого сева «Мелания».

Анализируя данные табл. 5.32, можно сделать вывод о том, что сплошные посеы в большей степени удерживают влагу в слое почвы 0...30 см и это предоставляет более благоприятные условия для полноценного развития вегетативной массы растений ярового ячменя и, как следствие, на формирование большего урожая.

Подводя итоги проведенных исследований относительно влияния сеялок прямого сева на запасы продуктивной влаги в посевах ярового ячменя делаем вывод: сеялка прямого сева «Мелания» в большей степени способствуют сохранению (удержанию) влаги в слое почвы 0...40 см в начале вегетации растений, что имеет решающее значение для роста и развития растений. То есть на начальных этапах роста посеы ярового ячменя на этих вариантах в большей степени застрахованы от неблагоприятных условий, в первую очередь недостатка влаги, что является существенным преимуществом по сравнению с традиционным контрольным вариантом.

Урожайность ярового ячменя по годам исследований и в среднем за три года исследований представлена в таблице 5.33. Анализ данных результатов урожайности свидетельствует о различном влиянии исследуемых вариантов на изменчивость урожая ярового ячменя сорта Докучаевский 15. Важно отметить, что погодные условия исследуемых лет достаточно сильно отличались по погодным условиям, однако по каждому изучаемому году наблюдали схожую тенденцию влияния вариантов на данный признак.

Таблица 5.33

Урожайность растений ярового ячменя в зависимости от способов прямого сева в среднем за
2005 – 2007 гг., ц/га

(предшественник ярового ячменя в 2005 и 2006 гг. – подсолнечник, в 2007 г. – соя)

Варианты	Исследуемые годы			Среднее	% к среднему контролю
	2005	2006	2007		
Контроль	25,3	24,1	20,5	23,3	100,0
«Мелания»	25,9	28,6	25,7	26,7	114,6
НП ₀₅ , ц/га	2,3	3,0	2,7	–	–

Таблица 5.34

Урожайность растений ярового ячменя в зависимости от способов прямого сева в погодных условиях 2005 г., ц/га

Варианты	Повторности			Среднее	% к контролю
	I	II	III		
Контроль	26,0	23,8	26,2	25,3	100,0
«Мелания»	25,0	28,0	24,7	25,9	102,4
НП ₀₅ , ц/га				2,3	

По данным табл. 5.33 достаточно высокая урожайность за три года (26,7 ц/га) получена в варианте, где изучали прямой сев сеялкой «Мелания». В данном варианте урожайность ярового ячменя была на 14,6 % больше, чем на контрольном варианте.

В погодных условиях 2005 года разница по урожайности между контрольным и исследуемым вариантом, где изучали прямой сев сеялкой «Мелания» не была существенной, лишь 0,6 ц/га, однако отмечена тенденция роста урожайности при аналогичных условиях выращивания при применении сеялки «Мелания».

Таблица 5.35

Урожайность растений ярового ячменя в зависимости от способов прямого сева в погодных условиях 2006 г., ц/га

Варианты	Повторности			Среднее	% к контролю
	I	II	III		
Контроль	21,0	24,8	26,5	24,1	100,0
«Мелания»	28,0	28,0	29,7	28,6	118,4
НП ₀₅ , ц/га				3,0	

По данным табл. 5.35. в погодных условиях 2006 года самой высокой была урожайность в варианте, суть которого заключалась в применении прямого сева сеялкой «Мелания». Урожайность растений ярового ячменя в этом варианте была на 4,5 ц/га больше, чем на контроле при НП₀₅ – 3,0 ц/га.

2007 год был наименее благоприятным для выращивания ярового ячменя, даже лучшего предшественника – сои – в этом году получено меньше средней урожайности по сравнению с 2005 и 2006 годами. В 2007 г. влияние сеялок прямого сева изучали на фоне двух

предшественников – чистого пара и сои. Лучший уровень урожайности на фоне предшественника (сои) получен при применении сеялки «Мелания» – 25,7 ц/га. В заключение следует отметить, что применение сеялок прямого сева, в нашем случае «Мелания», способствует увеличению уровня урожайности растений ярового ячменя и является резервом реализации потенциала урожайности его растений.

Меньшее количество сорняков отмечено при применении сеялки «Мелания». В погодных условиях 2006 года наибольший уровень засоренности посевов ярового ячменя отмечено на варианте, где испытали сеялку «Мелания». Количество сорняков составляло в среднем 41 шт./м². При этом количество сорняков в контрольном варианте равнялась 38 шт./м². При этом следует отметить, что количество однолетних сорняков при применении сеялки «Мелания» была меньше, чем на контрольном варианте (см. табл. 5.36).

В погодных условиях 2007 года наибольший уровень засоренности отметили на контрольном варианте. При этом разница в большей степени выявлена по однолетним сорнякам. Из проведенных исследований можно сделать вывод о том, что способы сева в значительной степени корректируют уровень засоренности посевов ярового ячменя, преимущественно за счет допосевной подготовки почвы.

Таблица 5.36

Засоренность посевов ярового ячменя в зависимости от вариантов прямого сева в фазу кушения за три года исследований (2005–2007 гг.)

Исследуемые годы	Варианты	Количество сорных растений, шт./м ²			% к контролю многолетних сорных растений	% к контролю однолетних сорных растений	% к контролю всех сорных растений
		Многолетние	Однолетние	Всего			
2005 г.	Контроль	–	–	9,6	–	–	100
	«Мелания»	–	–	6,6	–	–	68,7
2006 г.	Контроль	12,3	25,9	37,6	100	100	100
	«Мелания»	21,3	20,0	41,3	173	77,2	140
2007 г.	Контроль	23,1	59,1	82,2	100	100	100
	«Мелания»	21,1	43,3	64,4	91,3	73,3	78,0
Среднее по 2006–2007 гг.	Контроль	17,7	42,5	60,2	100	100	100
	«Мелания»	21,2	31,7	52,9	119,7	74,6	87,9
Среднее по 2005–2007 гг.	Контроль	–	–	43,1	–	–	100
	«Мелания»	–	–	37,4	–	–	86,8

Применение сеялок прямого сева требует тщательно соблюдать рекомендации выращивания. В первую очередь следует четко устанавливать норму высева с учетом сортовых особенностей, подбирать лучшие предшественники, при необходимости применять химические средства защиты растений.

Плотность почвы определяли по слоям во всех исследуемых вариантах в фазу полных всходов, в фазу колошения и накануне уборки урожая. Показатели плотности почвы представлены в табл. 5.37.

Анализ данных показывает, что наибольшее влияние на плотность почвы имеет глубина определения. В проведенных исследованиях (в среднем за три года) в фазу полных всходов наибольшая плотность почвы отмечена на контрольном варианте.

Таблица 5.37

Плотность почвы в зависимости от способов прямого сева (2007 – 2009 гг.)

Годы исследований	Сроки учета	Слой почвы, см	Показатели	Варианты прямого сева	
				Контроль СЗ-3,6	«Мелания»
1	2	3	4	5	6
2007	Полные всходы	0–10	Среднее	1,3	1,2
			% к контролю	100,0	90,6
		10–20	Среднее	1,3	1,2
			% к контролю	100,0	95,3
		20–30	Среднее	1,3	1,3
			% к контролю	100,0	99,2
	Начало колошения	0–10	Среднее	1,2	1,1
			% к контролю	100,0	94,2
		10–20	Среднее	1,26	1,18
			% к контролю	100,0	93,7
		20–30	Среднее	1,3	1,3
			% к контролю	100,0	100,0

2008	Накануне уборки	0–10	Среднее	1,1	1,0
			% к контролю	100,0	89,1
		10–20	Среднее	1,2	1,2
			% к контролю	100,0	95,7
		20–30	Среднее	1,2	1,2
			% до контролю	100,0	104,2
	Полные всходы	0–10	Среднее	1,0	1,0
			% к контролю	100,0	99,0
		10–20	Среднее	1,2	1,2
			% к контролю	100,0	100,0
		20–30	Среднее	1,3	1,3
			% к контролю	100,0	96,9
Начало колошения	0–10	Среднее	1,11	1,12	
		% к контролю	100,0	100,9	
	10–20	Среднее	1,13	1,14	
		% к контролю	100,0	100,9	
	20–30	Среднее	1,30	1,26	
		% к контролю	100,0	96,9	
Накануне уборки	0–10	Среднее	1,1	1,1	
		% к контролю	100,0	98,2	
	10–20	Среднее	1,2	1,2	
		% к контролю	100,0	93,4	
	20–30	Среднее	1,3	1,2	
		% к контролю	100,0	97,6	
2009	ые всход	0–10	Среднее	1,1	1,0
			% к контролю	100,0	91,9

		10–20	Среднее	1,2	1,1	
			% к контролю	100,0	91,9	
		20–30	Среднее	1,3	1,2	
			% к контролю	100,0	98,4	
	Начало колошения	0–10	Среднее	1,13	1,11	
			% к контролю	100,0	98,2	
		10–20	Среднее	1,2	1,1	
			% к контролю	100,0	95,1	
		20–30	Среднее	1,2	1,2	
			% к контролю	100,0	95,2	
		Накануне уборки	0–10	Среднее	1,1	1,1
				% к контролю	100,0	100,9
	10–20		Среднее	1,2	1,2	
			% к контролю	100,0	96,0	
20–30	Среднее		1,2	1,1		
	% к контролю		100,0	96,7		

Так, например, в слое 0 – 30 см плотность почвы на контрольном варианте составляла от 1,21 до 1,31 г/см³ в фазу полных всходов в 2007 году, а в вариантах, где изучали влияние сеялки «Мелания» – от 1,15 до 1,30 г/см³. В фазу колошения в 2006 и 2007 годах плотность почвы при различных вариантах прямого посева была примерно на одинаковом уровне в пределах оптимальных показателей. Худшие показатели за три года отмечено на варианте, где применяли сеялку СЗ-3,6. Определение запасов влаги проводили в фазу полных всходов и в преддверии уборки урожая. Данные по влажности почвы представлены в табл. 5.38.

Таблица 5.38

Влажность почвы по слоям в зависимости от способов прямого сева
(2007 – 2009 гг.) на посевах яровых колосовых

Годы исследований	Сроки определения	Слои почвы, см.	Повторности	Варианты исследований	
				Контроль СЗ-3,6	«Мелания»
1	2	3	4	5	6
2007	Полные всходы	0–10	среднее	8,4	8,4
			% к контролю	100,0	100,0
		10–20	среднее	11,1	11,2
			% к контролю	100,0	100,9
		20–30	среднее	9,8	8,9
			% к контролю	100,0	90,8
	Накануне уборки	0–10	среднее	6,7	4,4
			% к контролю	100,0	65,7
		10–20	среднее	6,1	6,6
			% к контролю	100,0	108,2
		20–30	среднее	6,7	6,5
			% к контролю	100,0	106,6
2008	Полные всходы	0–10	среднее	13,9	17,6
			% к контролю	100,0	126,6
		10–20	среднее	14,7	17,9
			% к контролю	100,0	121,8
		20–30	среднее	14,3	18,2
			% к контролю	100,0	127,3
		30–40	среднее	13,0	17,1
			% к контролю	100,0	131,5
	Накануне уборки	0–10	среднее	10,2	12,7
			% к контролю	100,0	124,5
		10–20	среднее	12,4	13,6
			% к контролю	100,0	109,7
2008	20–30	среднее	12,8	14,3	
		% к контролю	100,0	111,7	
	30–40	среднее	11,7	13,3	
		% к контролю	100,0	113,7	
2009	Полные всходы	0–10	среднее	11,3	11,7
			% к контролю	100,0	103,5

		10–20	среднее	11,9	12,3
			% к контролю	100,0	103,4
		20–30	среднее	11,5	11,9
			% к контролю	100,0	103,5
		30–40	среднее	11,8	11,8
			% к контролю	100,0	100,0
	Накануне уборки	0–10	среднее	16,4	16,7
			% к контролю	100,0	101,8
		10–20	среднее	17,4	17,5
			% к контролю	100,0	100,6
		20–30	среднее	18,1	18,4
			% к контролю	100,0	101,7
		30–40	среднее	16,4	16,8
			% до контролю	100,0	102,4

Высокие показатели влажности почвы (по сравнению с контролем) были и на вариантах, где применяли сеялку прямого сева «Мелания» с полосным распределением семян в почве.

Анализируя данные табл. 5.38, можно сделать вывод о том, что сплошные посеы в большей степени удерживают влагу в слое почвы 0 – 30 см и это предоставляет более благоприятные условия для полноценного развития вегетативной массы растений ярового ячменя и как следует на формирование большего урожая.

Подводя итоги проведенных исследований относительно влияния сеялок прямого сева на запасы продуктивной влаги на посевах ярового ячменя делаем вывод: сеялка прямого сева «Мелания» в большей степени способствует сохранению (удержанию) влаги в слое почвы 0 – 40 см в начале вегетации растений, что имеет решающее значение для роста и развития растений. То есть на начальных этапах роста посеы яровых зерновых культур в этих вариантах в большей степени застрахованы от неблагоприятных условий, в первую очередь недостатка влаги, что является существенным преимуществом по сравнению с традиционным контрольным вариантом.

Анализируя табл. 5.39. в условиях 2008 года лучшие показатели были в варианте «Мелания», коэффициент структурности составил 2,49.

Таблица 5.39

Средние значения структурного состава почвы в зависимости от способов прямого сева (2008 – 2009 гг.).

Год исследований	Варианты прямого сева	Фракции почвы, мм					Коэффициент структурности
		>10	10.0–1.0	1.0–0.5	0.5–0.25	<0.25	
2008	Контроль СЗ-3,6	40,59	52,51	6,19	0,50	0,22	1,46
	«Мелания»	28,39	68,12	2,32	0,79	0,38	2,49

Итак, сеялки прямого сева с дисковыми и стрельчатыми почвообрабатывающими рабочими органами и дисковыми сошниками лучше влияют на структурный состав посевного слоя почвы.

Таблица 5.40

Засоренность посевов ярового ячменя сорта Докучаевский 15 в фазу кущения в зависимости от вариантов прямого сева, шт./м² (2007 год)

Способ сева	Повторности						Среднее		Сумма
	I		II		III		одно-летние	много-летние	
	одно-летние	много-летние	одно-летние	много-летние	одно-летние	много-летние			
Контроль СЗ-3,6	41	9	43	6	38	7	40,1	7,3	47,4
«Мелания»	44	13	42	10	38	12	41,3	11,7	53,0

Можно сделать вывод, что вариант сева в значительной степени корректирует уровень засоренности посевов яровых зерновых культур, в большей степени за счет предпосевной подготовки почвы.

Применение сеялок прямого сева требует тщательного соблюдения рекомендаций выращивания. В первую очередь следует четко устанавливать норму высева с учетом сортовых особенностей, выбирать лучшие предшественники, при необходимости применять средства защиты растений.

В проведенных исследованиях уборки урожая ярового ячменя опыт проводили прямым комбайнированием в фазу полной спелости при влажности зерна 16 – 18 %. Урожайность ярового ячменя по годам исследований в табл. 5.41. Анализ данных результатов урожайности свидетельствует о различном влиянии изучаемых вариантов на изменчивость урожая ярового

ячменя сорта Докучаевский 15. Важно отметить, что погодные условия исследуемых лет достаточно сильно отличались, однако по каждому из исследуемых лет наблюдается похожая тенденция влияния вариантов на данный признак.

Таблица 5.41

Средняя урожайность яровых зерновых колосовых культур, т/га

Вариант сева	Годы исследований
	2007
	Яровой ячмень
Контроль СЗ-3,6	2,70
«Мелания»;	2,86
НIP ₀₅	F _ф < F _т

Довольно высокая урожайность – 2,86 т/га, в 2007 году получена в варианте, где изучали влияние прямого посева сеялкой «Мелания». В данном варианте урожайность ярового ячменя была на 5,9 % больше, чем на контрольном варианте.

Следует отметить, что применение сеялок прямого сева, в нашем случае «Мелании», способствует увеличению уровня урожайности растений ярового ячменя и является резервом реализации потенциала урожайности растений яровых зерновых культур.

В погодных условиях 2007 года наиболее лучшие показатели отмечены в вариантах с использованием сеялки прямого сева «Мелания». В этом варианте отмечено большее количество растений и побегов, число продуктивных и непродуктивных колосков в колосе, длина растений и колоса, массовые показатели. Биологическая урожайность в этих вариантах составила 39,8 и 33,0 ц/га соответственно. На контрольном варианте биологическая урожайность составила 29,6 ц/га, все другие показатели были тоже низкими.

Проведены исследования различных вариантов прямого сева на структурные элементы урожайности, доказали положительное влияние этого элемента технологии выращивания на исследуемые показатели. Экономическая эффективность результатов исследований выращивания ярового ячменя представлена в табл. 5.42.

Результаты проведенных исследований (табл. 5.42) дают основание для заключения о целесообразности использования сеялки прямого сева «Мелания».

Следует отметить, что при использовании сеялки прямого сева «Мелания» прибыль и рентабельность продукции являются наивысшими.

Таблица 5.42

Экономическая эффективность результатов исследований
выращивания ярового ячменя (2007 год)

Год исследования	Вариант	Урожайность, т/га	Общие затраты, грн./га	Стоимость урожая, грн./га	Рентабельность, %	Прибыль, грн./га
2007	СЗ -3,6	2,70	6300	2160	243	1530
	Мелания	2,86	580	2288	294	1708

В условиях 2007 года уровень рентабельности и прибыль высокие в вариантах, где применяли сеялку сева «Мелания» и составили 294 % и 1708 грн./га.

Проведенные исследования применения различных способов прямого сева показали целесообразность использования их как элемента технологии выращивания, которые обеспечивают наивысшие показатели экономической эффективности возделывания ярового ячменя сорта Докучаевский 15.

Одной из задач проведенных исследований было определение динамики формирования биометрических показателей. Данные показателей формирования вегетативной массы растений представлены в табл. 5.43.

Таблица 5.43

Вегетативная масса растений ярового ячменя сорта Каравай Харьковский
в зависимости от использования разных вариантов прямого сева, м²/м²

Фаза развития	Вариант исследований	Повторности			Среднее
		I	II	III	
Кущение	СЗ-3,6	266,8	258,8	250,1	258,6
	«Мелания»	262,4	279,6	280,5	274,6
	Среднее по опыту	-	-	-	273,4
Выход в трубку	СЗ-3,6	1072,0	1026,7	1123,4	1074,0
	«Мелания»	1207,0	1121,3	1218,6	1182,3
	Среднее по опыту	-	-	-	1144,2
Колошение	СЗ-3,6	1916,1	1836,0	1794,0	1848,0
	«Мелания»	1840,2	1986,4	1943,3	1923,3
	Среднее по опыту	-	-	-	1948,4

Как и следовало ожидать, в проведенных опытах отмечено различие между изучаемыми вариантами по данным показателям. Применение сеялок прямого сева способствовало формированию большей вегетативной массы растений ярового ячменя при всех исследуемых фаз развития.

Полевые исследования проводили на базе учебно-опытного хозяйства «Докучаевское» Харьковского района при выращивании ячменя. Сев осуществляли сеялкой прямого сева «Мелания» без предварительной подготовки почвы в агрегате с трактором ХТЗ–17022. Сеялка оснащена централизованным пневматическим высевальным аппаратом, от которого через семяпроводы и распределитель семена транспортируются к сошникам. Сошник представляет собой плоскорежущую стрелчатую лапу. В процессе работы лапа подрезает сорняки и поднимает пласт почвы, в результате чего образуется под ней пространство, в которое потоком воздуха распределяются семена на ширину стрелчатой лапы. Такая конструкция сеялки обеспечивает полосовой способ посева зерновых культур.

Задачи исследований: определить равномерность распределения семян по ширине захвата сеялки; равномерность распределения семян по ширине захвата лапы и по ходу движения; равномерность заделки семян по глубине между сошниками и по ходу движения.

Равномерность распределения семян по ширине захвата сеялки определяли в трехкратной повторности по подсчету растений на 1 м^2 за каждым сошником (табл. 5.44).

Коэффициент вариации равномерности распределения по ширине захвата сеялки составил 12,7 %.

Коэффициент неравномерности высева семян высевальными аппаратами:

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^K (\bar{m} - m_i)}{\sum_{i=1}^K m_i} 100\%,$$

где \bar{m} – средняя масса семян;

K – количество высевальных аппаратов;

m_i – масса семян, высеянных i -м аппаратом.

Таблица 5.44

Равномерность распределения семян по ширине захвата сеялки

Повторности	Количество растений на 1м ² , шт.															среднее, \bar{X} , шт.	σ , шт.	v , %
	номер лапы (сошника)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1	270	300	270	300	540	420	480	390	330	420	540	330	420	390	420			
2	270	420	300	480	450	330	390	420	360	450	450	420	450	450	390			
3	360	360	480	450	450	450	450	390	420	450	540	450	390	420	390			
Среднее арифметическое	300	360	350	410	480	400	440	400	370	440	510	400	420	420	400	406	51,37	12,7

Коэффициент неравномерности высева в данном случае составляет 9 %, для зерновых рядовых сеялок по агротехническим требованиям $\delta = 5 - 6$ %.

Равномерность распределения семян по ширине захвата лапы определяли трехкратной повторности подсчетом растений на площади 1м² (табл. 5.45) для трех смежных лап.

Таблица 5.45

Равномерность распределения семян по ширине захвата лапы

Повторность	Количество растений на 1м ² , шт.			среднее, \bar{X} , шт.	σ , шт.	v , %
	номер лапы					
	1	2	3			
1	150	150	120			
2	150	150	180			
3	120	150	180			
Среднее арифметическое	140	150	160	150	10	6,7

Коэффициент вариации (v) равномерности распределения по ширине захвата лапы составляет 6,7 %.

Равномерность распределения семян по ходу посевного агрегата определяли в трехкратной поверхности путем подсчета растений на 1 м^2 по ходу движения лапы (табл. 5.46).

Таблица 5.46

Равномерность распределения семян по ходу движения посевного агрегата

Повторность	Количество растений на 1 м^2 , шт.			среднее , \bar{X} , шт.	σ , шт.	ν , %
	номер участка					
	1	2	3			
1	420	450	420			
2	510	510	480			
3	510	450	510			
Среднее арифметическое	480	470	470	473	5,78	1,2

По результатам исследований дисперсия составляет 5,8 растений на 1 м^2 , полученные данные по ходу движения попадают в интервал $\pm 2\sigma$. Коэффициент вариации составляет 1,2 %.

Глубину заделки семян по ширине захвата лапы сошника определяли в трехкратной повторности по этиолированной части растений с помощью штангенциркуля. В каждой повторности выполняли по 10 измерений. Результаты исследований приведены в табл. 5.47.

Таблица 5.47

Глубина заделки семян по ширине захвата лапы, мм

Повторность	Номер лапы			среднее, \bar{X} мм	σ , мм	ν , %
	1	2	3			
1	40; 35; 32; 45; 45; 30; 30; 25; 29; 38	40; 30; 20; 35; 30; 25; 35; 30; 38; 37	45; 45; 45; 47; 45; 43; 40; 39; 41; 38			
2	40; 35; 40; 35; 43; 40; 38; 41; 34; 36	35; 40; 20; 40; 35; 37; 30; 36; 29; 38	32; 39; 44; 46; 40; 37; 42; 35; 43; 44			
3	44; 40; 42; 39; 35; 37; 40; 41; 43; 37	40; 37; 38; 34; 40; 40; 35; 38; 32; 37	45; 47; 45; 40; 38; 41; 36; 39; 42; 42			
Среднее арифметическое	37,6	34,3	41,5	37,8	3,6	9,5

На основных полученных и результатов вычислений видно, что отклонения от среднеарифметической глубины заделки семян составляет 3,6 мм, коэффициент вариации – 9,5 %.

Глубину заделки семян по ходу движения посевного агрегата определяли за одной лапой-сошником. Измерения выполняли в трехкратной повторности на трех участках в направлении движения лапы по десять замеров в каждой.

Глубина определялась тоже по этиолированной части растений. Результаты исследований приведены в табл. 5.48.

Таблица 5.48

Результаты исследований по определению равномерности
глубины заделки семян по ходу движения, мм

Повторность	Номер участка			среднее, \bar{X} , мм	σ , мм	ν , %
	1	2	3			
1	50; 55; 65; 65; 60; 58; 57; 62; 61; 60	55; 65; 59; 60; 60; 63; 58; 61; 64; 57	50; 55; 55; 60; 57; 65; 52; 52; 54; 58			
2	45; 50; 48; 50; 52; 50; 55; 49; 52; 54	40; 45; 40; 45; 43; 41; 41; 39; 42; 40	45; 35; 50; 40; 45; 47; 39; 42; 44; 44			
3	40; 45; 44; 40; 50; 45; 47; 50; 41; 48	45; 40; 45; 43; 44; 40; 39; 42; 41; 43	35; 35; 40; 45; 40; 44; 42; 42; 45; 38			
Среднее арифме- тическое	51,6	48	46,5	48,7	2,6	5,3

По результатам вычислений (табл. 5.49) отклонение от средней глубины заделки семян по ходу движения лапы-сошника составляет 2,6 мм, а коэффициент вариации – 5,3 %.

Данные таблицы показывают, что наилучшее качество подготовки семенного ложа имела сеялка прямого сева, в которой коэффициент структурности почвы равнялся 2,6 соответственно.

Таблица 5.49

Структурный состав почвы в семенном ложе

Варианты	Повторности	Фракции, мм					Коэф. структурности
		> 10,0	10,0–1,00	1,0–0,5	0,5–0,25	< 0,25	
Контроль	1	44,1	50,0	5,02	0,40	0,20	1,25
	2	30,0	62,8	6,28	0,44	0,20	2,30
	3	33,0	59,2	6,92	0,46	0,20	2,01
	Ср.	35,7	57,3	6,07	0,43	0,20	1,85
«Мелания»	1	24,0	72,2	2,40	0,70	0,48	3,12
	2	30,1	66,5	2,06	0,63	0,36	2,27
	3	29,2	67,4	2,20	0,60	0,40	2,37
	Ср.	27,7	68,7	2,22	0,64	0,41	2,58

НСР = 0,68

Таким образом, рабочие органы сеялки «Мелания» улучшили в 1,2...1,7 раза качество крошения почвы.

Динамика всходов растений по вариантам опытов приведена в табл. 5.50.

Таблица 5.50

Динамика всходов ячменя ярового по вариантам

Варианты	Повторн ости	Количество всходов растений, шт./м ²			% к контролю
		начало всходов на 10.05.05	% к полным всходам	Полные всходы на 18.05.05	
Контроль	1	189		267	
	2	247		240	
	3	244		270	
	Ср.	226	87,2	259	100
«Мелания»	1	302,5		318	
	2	320		327	
	3	338		332	
	Ср.	320	98,4	325	125

НСР=12,9

Достоверность данных таблицы, определенная с помощью F-критерия, составила 95 %. Сравнения показателей всхожести семян по вариантам имели существенную разность.

Анализ данных таблицы показал, что наибольшую полевую всхожесть семян имели варианты опыта с использованием сеялки «Мелания». Результаты исследований по определению засоренности посевов ячменя ярового приведены в табл. 5.51.

Учет опытов проводили после полного появления всходов ячменя. В дальнейшем участок обработали гербицидами, в результате чего сорные растения были уничтожены.

Достоверность данных таблицы по F-критериях составила 95 %, а разница между вариантами опыта не является существенной.

Показатели влажности почвы по слоям в сроки получения полных всходов, начала колошения и перед уборкой представлены в табл. 5.52.

Таблица 5.51

Засоренность посевов ячменя ярового по вариантам

Варианты	Поверхности	Количество сорных растений, шт./м ² на 18.05.05			% к контролю многолетних сорных растений	% к Контролю однолетних сорных растений	% к контролю всего сорных растений
		Многолетние	Однолетние	Всего			
Контроль	1	15	31	46			
	2	7	30	37			
	3	15	15	30			
	ср	12,3	25,9	37,6	100	100	100
«Мелания»	1	29	22	51			
	2	25	17	42			
	3	10	21	31			
	ср	21,3	20	41,3	173	77,2	140

НСР = 19,6

Таблица 5.52

Влажность почвы по слоям на посевах ярового ячменя в различные сроки его вегетационного развития, %

Сроки	Слои	Повторности	Варианты	
			Контроль	«Мелания»
1	2	3	4	5
Полные всходы 18.05.05	0–20	1	22,0	21,3
		2	21,2	20,9
		3	20,9	21,2
		4	19,9	20,9
		Ср.	21	21,07
		% к контр.	100	100
	20–40	1	21,3	21,0
		2	20,7	19,7
		3	18,7	19,3
		4	20,1	21,2
		Ср.	20,2	20,3
		% к контр.	100	100
Начало колошения 10.07.05	0–20	1	21,6	18,6
		2	20,3	19,2
		3	19,6	21,2
		4	20,9	19,0
		Ср.	20,6	19,5

		% к контр.	100,0	94,6
	20–40	1	21	20,9
		2	20,7	19,7
		3	20,4	20,6
		4	19,9	19,3
		Ср.	20,5	20,1
		% к контр	100	98
Перед уборкой 21.08.05	0–20	1	20,7	20,3
		2	21,3	23,2
		3	19,8	22,4
		4	20,7	21,4
		Ср.	20,62	21,8
		% к контр.	100	105
	20–40	1	21	19,8
		2	20,5	19,8
		3	20,3	20,3
		4	20,3	20,7
		Ср.	20,52	20,15
		% к контр.	100	98

НСР= 0,197

Достоверность данных таблицы (определенная с помощью критерия Фишера) составила 95 %, а разница между вариантами опыта является существенной.

В нижних слоях почвы на глубине 20 – 40 см разница во влажности почвы не превышала 1 %. На начало колошения ячменя ярового в верхнем слое почвы влажность была наиболее низкой в вариантах использования сеялок с подрезающими лапами, то есть в вариантах сеялок «Мелания». Разница во влажности в сравнении с контролем отличалась примерно на 5 %.

Показатели плотности почвы по слоям в сроки полных всходов, начала колошения и перед уборкой приведены в табл. 5.53.

Таблица 5.53

Плотность почвы на посевах ячменя ярового по слоям в различные сроки его вегетационного развития, г/см²

Сроки	Слои	Повторность	Варианты	
			Контроль	«Мелания»
1	2	3	4	5
Полные всходы 18.05.05	0–20	1	1,33	1,15
		2	1,21	1,14
		3	1,28	1,23
		4	1,28	1,06
		ср	1,27	1,14
	20–40	1	1,39	1,35
		2	1,47	1,18
		3	1,39	1,28
		4	1,31	1,29
		ср	1,39	1,275
Начало колошения 10.07.05	0–20	1	1,23	1,05
		2	1,07	1,14
		3	1,25	1,17
		4	1,21	1,11
		ср	1,19	1,117
	20–40	1	1,33	1,3
		2	1,25	1,35
		3	1,28	1,25
		4	1,26	1,25
		ср	1,28	1,28
Перед уборкой 21.08.05	0–20	1	1,1	1,11
		2	1,19	1,08
		3	1,15	1,09
		4	0,96	1,15
		ср	1,1	1,10
	20–40	1	1,31	1,36
		2	1,31	1,26
		3	1,28	1,26
		4	1,28	1,25
		ср	1,29	1,28

НСР= 0,034

Достоверность данных составила 95 %, а разница между вариантами опыта является значимой. Анализ данных таблицы показывает, что наибольшее влияние на плотность почвы оказывает глубина, доля которой составляет 45,26 %. Доля влияния вариантов опыта и сроков отбора образцов составляла 11, 61 % и 4 и 2 % соответственно. Плотность почвы в зоне развития корневой системы растений во всех вариантах опыта не выходила за пределы оптимальной.

Наибольшая плотность по горизонтам и срокам развития растений была на контрольном варианте.

Урожайность ячменя ярового по вариантам представлена в табл. 5.54.

Достоверность полученных данных по урожайности составила 87,5 %. Наивысшая урожайность ячменя ярового была получена в вариантах использования сеялки «Мелания», которая по отношению к контролю была более высокой соответственно на 18,4 % и 15,5 %. Разница между этими вариантами составила менее наименьшей существенной разницы.

Таблица 5.54

Урожайность ячменя ярового по вариантам, ц/га

Варианты	Повторности				% к контролю
	1	2	3	ср	
Контроль	21,0	24,83	26,5	24,11	100
«Мелания»	28,0	28,0	29,66	28,55	118,4

НСР=3,0

Замечания к экспериментальной сеялке прямого сева «Мелания»:

1. Низкая производительность вентилятора, машина не работает из-за перегрева масла.
2. Для посева высокие требования к чистоте семян (недопустимо использование загрязненных семян).
3. При движении машины на подъем не хватает мощности вентилятора.

Подведя трехлетние результаты исследований по использованию сеялки прямого сева «Мелания», можно сделать выводы:

1. При применении сеялки прямого сева «Мелания» улучшаются физические свойства почвы: плотность, твердость, в большей степени сохраняется почвенная влага, что является важным фактором для повышения уровня урожайности яровых колосовых.
2. В течение трех лет самая высокая урожайность по яровому ячменю отмечена на вариантах, где применяли сеялку «Мелания».
3. Установлено влияние различных вариантов прямого сева на структурные элементы. По яровому ячменю высшая биологическая урожайность в вышеназванных вариантах формировалась за счет высокой озерненности колоса, массы зерна с колоса и числа продуктивных побегов на единице площади.

4. Доказано положительное влияние изучаемых вариантов на экономические показатели выращивания яровых колосовых. Показатели, где применяли воздействие прямого сева сеялкой «Мелания» (прибыль 1708 грн./га, рентабельность 294 %).

5.4 Результаты экспериментальных исследований машины «Грэйт Плейнз»

Посевная площадь участка за три года исследований на изучаемых вариантах составляла:

1. Контроль – 3,6 м x 50 м = 180 м².
2. «Грэйт Плейнз» – 4,2 м x 50 м = 210 м².

Площадь исследуемого участка в проведенных опытах составляла 100 м² (длина – 50 м, ширина – 2 м). Форма исследуемых участков – удлиненная (отношение длины к ширине составляет 10 : 1 и более). В опыте есть конечные и защитные боковые полосы. Каждый участок также выделяли конечными и боковыми защитными полосами. Ширина боковых защитных полос – не менее 0,5 м. Общая площадь опыта составляла 0,35 га. При проведении исследований использовали сеялки прямого посева типа: «Грэйт Плейнз» с дисковыми почвообрабатывающими рабочими органами и дисковыми сошниковыми системами с опорно-прикатывающими катками для рядного способа сева. Показатели плотности почвы представлены в табл. 5.55.

Таблица 5.55

Плотность почвы в зависимости от способов прямого сева (2007 – 2009 гг.)

Годы исследований	Сроки учета	Слой почвы, см	Показатели	Варианты прямого сева	
				Контроль СЗ-3,6	«Грэйт Плейнз»
1	2	3	4	5	6
2007	Полные всходы	0–10	Среднее	1,27	1,07
			% к контролю	100,0	84,3
		10–20	Среднее	1,28	1,19
			% к контролю	100,0	93,7
		20–30	Среднее	1,31	1,29
			% к контролю	100,0	98,5

	Начало коло-шения	0–10	Среднее	1,20	1,06
			% к контролю	100,0	88,3
		10–20	Среднее	1,26	1,18
			% к контролю	100,0	93,7
		20–30	Среднее	1,26	1,20
			% к контролю	100,0	95,2
	Накануне уборки	0–10	Среднее	1,19	1,05
			% к контролю	100,0	88,2
		10–20	Среднее	1,24	1,17
			% к контролю	100,0	94,4
		20–30	Среднее	1,18	1,24
			% к контролю	100,0	105,1
2008	Полные всходы	0–10	Среднее	1,04	1,03
			% к контролю	100,0	101,0
		10–20	Среднее	1,19	1,16
			% до контролю	100,0	97,5
		20–30	Среднее	1,31	1,26
			% к контролю	100,0	96,2
	Начало коло-шения	0–10	Среднее	1,11	1,14
			% к контролю	100,0	102,7
		10–20	Среднее	1,13	1,20
			% к контролю	100,0	106,2
		20–30	Среднее	1,30	1,25
			% к контролю	100,0	96,1
	Накануне уборки	0–10	Среднее	1,12	1,14
			% к контролю	100,0	101,8
		10–20	Среднее	1,20	1,16
			% к контролю	100,0	92,7
		20–30	Среднее	1,26	1,21
			% к контролю	100,0	96,0
2009	Полны всходы	0–10	Среднее	1,11	1,07

		10–20	% к контролю	100,0	96,4	
			Среднее	1,23	1,24	
		20–30	% к контролю	100,0	100,8	
			Среднее	1,26	1,23	
		Начало коло-шения	0–10	% к контролю	100,0	98,2
				Среднее	1,13	1,11
	10–20		% к контролю	100,0	96,7	
			Среднее	1,22	1,18	
	20–30		% к контролю	100,0	96,0	
			Среднее	1,24	1,19	
	Накануне уборки	0–10	% к контролю	100,0	110,9	
			Среднее	1,12	1,13	
		10–20	% к контролю	100,0	97,6	
			Среднее	1,24	1,21	
		20–30	% к контролю	100,0	98,4	
			Среднее	1,23	1,21	

Анализ данных показывает, что наибольшее влияние на плотность почвы имеет глубина определения. В проведенных исследованиях (в среднем за три года) в фазу полных всходов наибольшая плотность почвы отмечена на контрольном варианте. Так, например, в слое почвы 0 – 30 см плотность почвы в контрольном варианте составляла от 1,21 до 1,31 г/см³ в фазу полных всходов в 2007 году, а в вариантах, где изучали влияние сеялки «Грейт Плейнз» – от 1,07 до 1,29 г/см³. В фазу колошения в 2006 и 2007 годах плотность почвы при различных вариантах прямого сева была примерно на одинаковом уровне в пределах оптимальных показателей. Худшие показатели за три года отмечены в варианте, где применялась сеялка СЗ-3,6. Определение запасов влаги проводили в фазу полных всходов и в преддверии уборки урожая. Данные по влажности почвы представлены в табл. 5.56.

Таблица 5.56

Влажность почвы по слоям в зависимости от способов прямого сева
(2007 – 2009 гг.) на посевах яровых колосовых

Годы исследований	Сроки определения	Слой почвы, см.	Повторности	Варианты исследований	
				Контроль СЗ-3,6	«Грейт Плейнз»
1	2	3	4	5	6
2007	Полные всходы	0–10	Среднее	8,4	10,3
			% к контролю	100,0	122,6
		10–20	Среднее	11,1	9,8
			% к контролю	100,0	88,3
		20–30	Среднее	9,8	10,4
			% к контролю	100,0	106,1
	Накануне уборки	0–10	Среднее	6,7	5,7
			% к контролю	100,0	85,1
		10–20	Среднее	6,1	8,3
			% к контролю	100,0	136,1
		20–30	Среднее	6,7	8,7
			% к контролю	100,0	129,9
2008	Полные всходы	0–10	Среднее	13,9	15,3
			% к контролю	100,0	113,7
		10–20	Среднее	14,7	17,1
			% к контролю	100,0	116,3
		20–30	Среднее	14,3	16,2
			% к контролю	100,0	113,3
		30–40	Среднее	13,0	15,0
			% к контролю	100,0	115,4
		0–10	Среднее	10,2	12,0
			% к контролю	100,0	117,6
	10–20	Среднее	12,4	12,9	
		% к контролю	100,0	104,0	
2008	Накануне	20–30	Среднее	12,8	13,3

	уборки	30–40	% к контролю	100,0	103,9	
			Среднее	11,7	12,8	
2009	Полные всходы	0–10	Среднее	11,3	11,1	
			% к контролю	100,0	98,2	
		10–20	Среднее	11,9	12,0	
			% к контролю	100,0	100,8	
		20–30	Среднее	11,5	11,7	
			% к контролю	100,0	101,7	
		30–40	Среднее	11,8	12,0	
			% к контролю	100,0	101,7	
		Накануне уборки	0–10	Среднее	16,4	16,8
				% к контролю	100,0	102,4
			10–20	Среднее	17,4	17,4
				% к контролю	100,0	100,0
	20–30		Среднее	18,1	17,2	
			% к контролю	100,0	95,0	
30–40	Среднее	16,4	16,7			
	% к контролю	100,0	101,8			

Таблица 5.57

Средние значения структурного состава почвы в зависимости от способов прямого сева (2008 – 2009 гг.).

Год исследований	Варианты прямого сева	Фракции почвы, мм					Коэффициент структурности
		>10	10.0–1.0	1.0–0.5	0.5–0.25	<0.25	
2008	Контроль СЗ-3,6	40,59	52,51	6,19	0,50	0,22	1,46
	«Грейт Плейнз»	34,41	61,94	4,43	1,02	0,28	2,07
2009	Контроль СЗ-3,6	35,55	56,96	6,47	0,72	0,30	1,79
	«Грейт Плейнз»	27,79	66,23	4,89	0,82	0,26	2,56

Анализируя табл. 5.57. можно сделать вывод, что сеялки прямого сева с дисковыми сошниками лучше влияют на структурный состав посевного слоя почвы.

Показатели засоренности посевов ярового ячменя в фазу кушения в зависимости от вариантов прямого сева приведены в таблице 5.58. Анализ данных показал, что наименьшая засоренность в условиях 2007 года отмечена в варианте «Грейт Плейнз» общая их сумма составила 45,3 шт./м². При этом разница в большей степени выявлена по однолетним сорнякам. В контрольном варианте сорняков в сумме было 47,4 шт./м²

Таблица 5.58

Засоренность посевов ярового ячменя сорта Докучаевский 15 в фазу кушения в зависимости от вариантов прямого сева, шт./м² (2007 год)

Способ сева	Повторности						Среднее		Сумма
	I		II		III		однолетние	многолетние	
	однолетние	многолетние	однолетние	многолетние	однолетние	многолетние			
Контроль СЗ-3,6	41	9	43	6	38	7	40,1	7,3	47,4
«Грейт Плейнз»	39	7	36	8	36	10	37,0	8,3	45,3

В условиях 2009 года наименьшее количество сорняков к контролю отмечается при применении сеялки «Грейт Плейнз» и составляет 90 % к контролю. Соответственно по однолетним сорнякам, наименьшее их количество отмечено в варианте «Грейт Плейнз» и соответственно к контролю составляет 92 %.

По данным табл. 5.59 наивысшая урожайность отмечена в варианте, где изучали влияние прямого способа сева сеялкой «Грейт Плейнз».

Таблица 5.59

Средняя урожайность яровых зерновых колосовых культур, т/га

Вариант сева	Годы исследований	
	2007	
	Яровой ячмень	
Контроль СЗ-3,6	2,70	
«Грейт Плейнз»	2,90	
НІР ₀₅	F _φ < F _T	

Следует отметить, что в наибольшей степени преимущество варианта, где изучали прямой сев сеялкой «Грейт Плейнз», отмечен в условиях 2007 года. Урожайность в этом варианте составляла 2,9 т/га. Это наибольший показатель урожайности за годы исследований. Для примера, на контрольном варианте урожайность составляла 2,7 т/га.

В погодных условиях 2008 года урожайность при севе сеялкой «Грейт Плейнз», по сравнению с контрольным вариантом, в 2008 г. составила 0,15 т/га или 14 %.

В погодных условиях 2007 года наиболее лучшие показатели отмечены на вариантах с использованием сеялки прямого сева «Грейт Плейнз». В этих вариантах отмечено большее количество растений и побегов, число продуктивных и непродуктивных колосков в колосе, длина растений и колоса, массовые показатели. Биологическая урожайность в этих вариантах составила 33,0 ц/га. На контрольном варианте биологическая урожайность составила 29,6 ц/га, все другие показатели были тоже низкими.

В условиях 2008 и 2009 годов отмечена похожая тенденция. В 2008 году массовые и количественные показатели были выше в варианте «Грейт Плейнз», биологическая урожайность составляла 15,3 ц/га. В 2009 году биологическая урожайность в варианте «Грейт Плейнз» составила 26,0 ц/га.

Проведенные исследования различных вариантов прямого сева на структурные элементы урожайности доказали положительное влияние этого элемента технологии выращивания на исследуемые показатели.

Экономическую эффективность изучаемых вариантов определяли по следующим показателям: общие затраты (грн./га); стоимость урожая (грн./га); рентабельность (%); прибыль (грн./га).

Экономическая эффективность результатов исследований выращивания ярового ячменя представлена в табл. 5.60.

Таблица 5.60

Экономическая эффективность результатов исследований выращивания ярового ячменя (2007 год)

Год исследования	Вариант	Урожайность, т/га	Общие затраты, грн./га	Стоимость урожая, грн./га	Рентабельность, %	Прибыль, грн./га
2007	СЗ -3,6	2,70	6300	2160	243	1530
	«Грейт Плейнз»	2,90	580	2320	300	1740

Результаты проведенных исследований (табл. 5.60) дают основание для заключения о целесообразности использования сеялки прямого сева «Грейт Плейнз».

Следует отметить, что при использовании сеялки прямого сева «Грейт Плейнз», прибыль и рентабельность продукции являются наивысшими.

В условиях 2007 года уровень рентабельности и прибыль высокие в вариантах, где применяли сеялку сева «Грейт Плейнз» и составили 300 % и 1740 грн./га. Наихудшие показатели отмечены на контрольном варианте.

Проведенные исследования применения различных способов прямого сева показали целесообразность использования их как элемента технологии выращивания, которые обеспечивают наивысшие показатели экономической эффективности возделывания ярового ячменя сорта Докучаевский 15. В проведенных опытах на большей глубине 30 – 40 см разница влажности почвы между вариантами была несколько меньше, чем в верхнем посевном слое. В нижнем слое (30 – 40 см) наиболее высокая влажность была в вариантах, где использовали для сева сеялку «Грейт Плейнз». Данная тенденция отмечена как в фазу полных всходов, так и в фазу полной спелости.

Показатели плотности почвы по слоям в фазу всходов, начала колошения и полной спелости приведены в табл. 5.61.

Таблица 5.61

Вегетативная масса растений ярового ячменя сорта Каравай Харьковский
в зависимости от использования разных вариантов прямого сева, м²/м²

Фазы развития	Вариант исследований	Повторности			Среднее
		I	II	III	
Кущение	СЗ-3,6	266,8	258,8	250,1	258,6
	«Грейт Плейнз»	296,0	288,8	279,2	288,0
	Среднее по опыту	–	–	–	273,4
Выход в трубку	СЗ-3,6	1072,0	1026,7	1123,4	1074,0
	«Грейт Плейнз»	1100,8	1220,6	1215,5	1178,9
	Среднее по опыту	–	–	–	1144,2
Колошение	СЗ-3,6	1916,1	1836,0	1794,0	1848,0
	«Грейт Плейнз»	1940,8	2027,5	2039,6	2002,6
	Среднее по опыту	–	–	–	1948,4

В фазу кущения наибольшие показатели вегетативной массы отмечены в варианте, где применяли сеялку «Грейт Плейнз» – 288 г/м², что на 30 г/м² больше, чем в контроле, где сев проводили сеялкой СЗ-3,6. Аналогичная тенденция отмечена и в последующие фазы развития: выход в трубку и колошения. Важно отметить то, что разница между вариантами в большей степени проявляется в начале развития, то есть в фазу кущения. Так, разница между максимальным и минимальным показателем в фазу кущения составляет 11 %, а в фазу колошения – около 8 %.

В проведенных опытах разница между вариантами по высоте растений не была четко выраженной, однако в вариантах исследований, где изучали сеялки прямого сева, растения были несколько выше по сравнению с контрольным вариантом.

Величина площади листового аппарата – основной фактор, регулирующий уровень урожайности культуры.

Разработано практическое обоснование способов сева ярового ячменя – стратегической зерновой культуры в условиях восточной Лесостепи Украины. В основе результатов исследований обоснована целесообразность применения сеялки прямого сева «Грейт Плейнз» для сева ярового ячменя.

Использовали сеялку прямого сева «Грейт Плейнз» с дисковыми почвообрабатывающими рабочими органами и дисковыми сошниковыми системами с опорно-прикатывающими катками для рядного способа сева.

В 2005 и 2006 годах предшественником ярового ячменя был подсолнух, в 2007 году изучение влияния сеялок на развитие и урожайность растений ярового ячменя проводили на фоне предшественника: чистого пара. Данные исследования были проведены системным методом.

Площадь посевного участка в опытах 2005 и 2006 года для исследуемых вариантов составляла:

1. Контроль – 3,6 м x 50 м = 180 м².
2. «Грейт Плейнз» – 4,2 м x 50 м = 210 м².

Площадь посевного участка в опытах 2007 года для исследуемых вариантов составил:

1. Контроль – 3,6 м x 25 м = 90 м².
2. «Грейт Плейнз» – 4,2 м x 25 м = 105 м².

К сеялке прямого сева относится американская сеялка «Грейт Плейнз», которая состоит из почвообрабатывающей приставки и сеялки с дисковыми сошниковыми системами.

Рабочими органами почвообрабатывающей приставки являются волнистые диски, которые в ходе работы разрезают почву и рыхлят полосу для заделки в нее семян.

Сеялка состоит из двух бункеров под семена и удобрения, снизу бункера установлены катушечные высевные аппараты, которые семяпроводами соединены с дисковыми сошниками и прикатывающими катками. Дисковые ножи рыхлят верхний слой почвы на глубину заделки семян. Сошниковые системы заделывают семена в почву с междурядьем 17,5 см.

Результаты исследований. В фазу полных всходов большее количество растений (в среднем за три года исследований) было в варианте, где для сева использовали сеялку «Грейт Плейнз» – 321 шт./м².

Анализ данных показал, что наибольшую полевую всхожесть семян имели варианты исследований с использованием сеялок «Грейт Плейнз» с дисковыми сошниками.

Таблица 5.62

Динамика всходов ярового ячменя по исследуемым вариантам
в зависимости от способов прямого сева (среднее за 2005 – 2007 гг.)

Годы исследований	Варианты	Количество всхожих растений, шт./м ²			Процент к контролю
		Начало всходов	Процент к полным всходам	Полные всходы	
2005 г.	Контроль	231	89,2	269	100
	«Грейт Плейнз»	222	55,3	397	153
2006 г.	Контроль	226	87,2	259	100
	«Грейт Плейнз»	242	88,6	273	105
2007 г.	Контроль	243	88,2	275,3	100
	«Грейт Плейнз»	262,3	89,6	292,7	106,3
Среднее за 2005–2007 гг.	Контроль	233,3	87,1	267,8	100
	«Грейт Плейнз»	242,1	75,4	320,9	119,8

Плотность почвы – очень важный показатель, который широко используют в почвенно-генетических, агрометеорологических, агротехнических исследованиях для оценки строения почвы, ее изменений при антропогенном использовании (особенно в случае механической обработки), в расчетах запасов почвенной влаги, питательных веществ, солей и тому подобное. Этот способ измеряют в полевых условиях с помощью колец разного диаметра и объема, которые вгоняются в почву без нарушения ее строения.

Плотность почвы определяли по слоям во всех исследуемых вариантах в фазу полных всходов и накануне уборки урожая. Показатели плотности почвы представлены в таблице 5.63.

Таблица 5.63

Плотность почвы на посевах ячменя ярового на разных глубинах в зависимости от вариантов прямого сева в разные фазы его вегетационного развития, г/см²

Годы исследований	Сроки учета	Слой почвы, см	Варианты исследований	
			Контроль	«Грейт Плейнз»
2005 г.	Полные всходы	0–10	1,195	1,100
		10–20	1,265	1,170
		20–30	1,310	1,310
	Накануне уборки	0–10	1,183	1,035
		10–20	1,220	1,170
		20–30	1,187	1,232
2006 г.	Полные всходы	0–20	1,275	1,150
		20–40	1,390	1,260
	Начало колошения	0–20	1,190	1,060
		20–40	1,280	1,245
	Накануне уборки	0–20	1,100	1,120
		20–40	1,295	1,267
2007 г.	Полные всходы	0–10	1,270	1,070
		10–20	1,280	1,190
		20–30	1,310	1,290
	Начало колошения	0–10	1,200	1,060
		10–20	1,260	1,180
		20–30	1,260	1,200
	Накануне уборки	0–10	1,190	1,050
		10–20	1,240	1,170
		20–30	1,180	1,240
Среднее по 2005–2007 гг.	Полные всходы	0–10	1,233	1,085
		10–20	1,273	1,180
		20–30	1,310	1,300
	Накануне уборки	0–10	1,190	1,043
		10–20	1,230	1,170
		20–30	1,184	1,236

Так, например, в слое почвы 10...20 см плотность почвы на контрольном варианте составила 1,273 г/см², а в вариантах, где изучали влияние сеялки «Грейт Плейнз» – 1,180 г/см² (см. табл. 5.65). Несколько выше плотность в слое почвы 10...20 см (2007 г.) была в варианте, где изучали влияние прямого сева сеялкой СЗ-3,6 и «Грейт Плейнз».

Определение запасов влаги проводили в фазу полных всходов накануне уборки урожая. Данные о влажности почвы представлены в таблице 5.64.

Таблица 5.64

Влажность почвы по слоям на посевах ярового ячменя в фазу полных всходов и накануне уборки урожая, % (данные за три года исследований)

Годы исследований	Сроки учета	Слой почвы, см	Варианты исследований	
			Контроль	«Грейт Плейнз»
2005 г.	Полные всходы	0–10	13,6	16,3
		10–20	21,2	18,0
		20–30	17,8	18,8
	Накануне уборки	0–10	16,4	20,6
		10–20	15,0	19,6
		20–30	17,8	20,2
2006 г.	Полные всходы	0–20	21,0	20,8
		20–40	20,2	20,5
	Накануне уборки	0–20	20,6	21,3
		20–40	20,5	20,5
2007 г.	Полные всходы	0–10	13,6	15,5
		10–20	16,7	14,7
		20–30	16,7	16,6
	Накануне уборки	0–10	15,9	16,2
		10–20	15,6	18,0
		20–30	17,3	17,4

Анализ данных таблицы свидетельствует о том, что применение сеялки прямого сева «Грейт Плейнз» способствует сохранению запасов продуктивной влаги в слое почвы от 0 до 40 см. Данная тенденция четко прослеживается на начале развития растений ярового ячменя. Так, в фазу полных всходов, в условиях 2005 г. запасы продуктивной влаги в слое почвы 0...30 см в варианте, где применяли для сева ярового ячменя сеялку «Грейт Плейнз», были на уровне 18,8 %. Несколько большей была влажность в контрольном варианте – 17,8 %. Накануне уборки урожая в условиях 2005 года, также как и в начале развития, большая влажность была в варианте, где применяли сеялку прямого сева «Грейт Плейнз».

Влажность почвы в этом варианте составляла около 20 %, а на контрольном варианте – около 18 %.

В погодных условиях 2005 года этот показатель составлял накануне уборки урожая 13,6 %, что значительно меньше, чем на контроле, и в варианте, где применяли для сева ярового ячменя сеялку «Грейт Плейнз».

Подводя итоги проведенных исследований относительно влияния сеялок прямого сева запасы продуктивной влаги на посевах ярового ячменя делаем вывод: сеялка прямого сева «Грейт Плейнз» в большей степени способствуют сохранению (удержанию) влаги в слое почвы 0...40 см в начале вегетации растений, что имеет решающее значение для роста и развития растений. На начальных этапах роста посевы ярового ячменя на этих вариантах в большей степени застрахованы от неблагоприятных условий, в первую очередь недостатка влаги, что является существенным преимуществом по сравнению с традиционным контрольным вариантом.

Урожайность ярового ячменя по годам исследований и в среднем за три года исследований представлена в таблицах 5.65 – 5.67.

Таблица 5.65

Урожайность растений ярового ячменя в зависимости от способов прямого сева в среднем за 2005 – 2007 гг., ц/га

(предшественник ярового ячменя в 2005 и 2006 гг. – подсолнечник, в 2007 г. – соя)

Варианты	Исследуемые годы			Среднее	% к среднему контролю
	2005	2006	2007		
Контроль	25,3	24,1	20,5	23,3	100,0
«Грейт Плейнз»	33,7	26,1	24,5	28,1	120,6
НІР ₀₅ , ц/га	2,3	3,0	2,7	–	–

Таблица 5.66

Урожайность растений ярового ячменя в зависимости от способов прямого сева в погодных условиях 2005 г., ц/га

Варианты	Повторности			Среднее	% к контролю
	I	II	III		
Контроль	26,0	23,8	26,2	25,3	100,0
«Грейт Плейнз»	39,8	31,7	29,8	33,7	133,2
НІР ₀₅ , ц/га				2,3	

В среднем за три года исследований наивысшая урожайность отмечена в варианте, где изучали влияние прямого способа сева сеялкой «Грейт Плейнз».

Уровень урожайности в этом варианте составлял за три года в среднем 28,1 ц/га, что почти на 21 % выше, чем на контрольном варианте (см. табл. 5.65).

Таблица 5.67

Урожайность растений ярового ячменя в зависимости от способов прямого сева в погодных условиях 2006 г., ц/га

Варианты	Повторности			Среднее	% к контролю
	I	II	III		
Контроль	21,0	24,8	26,5	24,1	100,0
«Грейт Плейнз»	28,5	27,1	22,5	26,1	108,0
НП ₀₅ , ц/га				3,0	

Следует отметить, преимущество варианта, где изучали прямой сев сеялкой «Грейт Плейнз», в условиях 2005 года. Урожайность в этом варианте составляла почти 34 ц/га. Это наибольший показатель урожайности за годы исследований. Для примера: на контрольном варианте урожайность составляла 25,3 ц/га. Разница между этим и контрольным вариантом составляла 8,4 ц/га при наименьшей существенной разнице 2,3 ц/га. Прибавка урожайности при севе сеялкой «Грейт Плейнз» (по сравнению с контрольным вариантом) в 2006 г. не была существенной. Она составила 20 ц/га при НП₀₅ – 3,0 ц/га, однако отмечена тенденция роста урожайности от применения сеялки прямого сева «Грейт Плейнз».

2007 год был наименее благоприятным для выращивания ярового ячменя. Лучший уровень урожайности на фоне предшественника – чистого пара – большой уровень урожайности получен после сеялки «Грейт Плейнз».

В заключение следует отметить, что применение сеялки прямого сева «Грейт Плейнз» способствует увеличению уровня урожайности и является резервом реализации потенциала урожайности растений ярового ячменя.

Корректируя норму высева и способ сева мы имеем возможность влиять на засоренность посевов и при оптимизации этих элементов технологии уменьшать количество сорных растений в посевах. Данные исследований по засоренности посевов приведены в таблице 5.68.

Уровень засоренности посевов ярового ячменя в 2005 году при применении сеялки «Грейт Плейнз» был на одинаковом уровне с контрольным вариантом.

Таблица 5.68

Засоренность посевов ярового ячменя в зависимости от вариантов прямого сева в фазу кушения за три года исследований (2005 – 2007 гг.)

Исследуемые годы	Варианты	Количество сорных растений, шт./м ²			% к контролю многолетних сорных растений	% к контролю однолетних сорных растений	% к контролю всех сорных растений
		Многолетние	Однолетние	Всего			
2005 г.	Контроль	-	-	9,6	-	-	100
	«Грейт Плейнз»	-	-	8,6	-	-	89,5
2006 г.	Контроль	12,3	25,9	37,6	100	100	100
	«Грейт Плейнз»	14,3	18,3	32,6	116	70,7	86,7
2007 г.	Контроль	23,1	59,1	82,2	100	100	100
	«Грейт Плейнз»	25,2	44,2	69,4	109,1	74,8	84,4
Среднее за 2006–2007 гг.	Контроль	17,7	42,5	60,2	100	100	100
	«Грейт Плейнз»	19,8	31,3	51,1	111,9	73,6	84,8
Среднее за 2005–2007 гг.	Контроль	-	-	43,1	-	-	100
	«Грейт Плейнз»	-	-	36,9	-	-	85,6

При проведении экспериментов использовали сеялку прямого сева типа:

– с дисковыми почвообрабатывающими рабочими органами и дисковыми сошниковыми системами с опорно-прикатывающими катками для рядового посева;

Качественные показатели работы машин по вариантам приведены в табл. 5.69.

Дисперсионный анализ полученных данных показал, что их достоверность (определенная с помощью критерия Фишера) составляет 95 %, а разница между вариантами опыта – существенная.

Таблица 5.69

Структурный состав почвы в семенном ложе

Варианты	Повторности	Фракции, мм				Коэф. структурности	
		> 10,0	10,0–1,00	1,0–0,5	0,5–0,25		
Контроль	1	44,1	50,0	5,02	0,40	0,20	1,25
	2	30,0	62,8	6,28	0,44	0,20	2,30
	3	33,0	59,2	6,92	0,46	0,20	2,01
	Ср.	35,7	57,3	6,07	0,43	0,20	1,85
«Грейт Плейнз»	1	34,7	57,2	6,54	1,14	0,27	1,85
	2	44,6	44,6	9,29	1,11	0,37	1,22
	3	35,2	58,7	4,89	0,97	0,19	1,82
	Ср.	38,19	53,5	6,90	1,07	0,27	1,63

НСР = 0,68

Динамика всходов растений по вариантам опытов приведена в табл. 5.70.

Таблица 5.70

Динамика всходов ячменя ярового по вариантам

Варианты	Повторности	Количество всходов растений, шт./м ²			% к контролю
		начало всходов на 10.05.05	% к полным всходам	Полные всходы на 18.05.05	
Контроль	1	189		267	
	2	247		240	
	3	244		270	
	Ср.	226	87,2	259	100
«Грейт Плейнз»	1	223,5		270	
	2	241,5		274	
	3	261,5		276	
	Ср.	242	88,6	273	105

НСР=12,9

Достоверность данных таблицы, определенная с помощью F-критерия, составила 95 %. Сравнения показателей всхожести семян по вариантам имели существенную разность.

Анализ данных таблицы показал, что наибольшую полевую всхожесть семян имели варианты опыта с использованием сеялки «Грейт Плейнз». В этих вариантах всходы были получены более дружными.

Результаты исследований по определению засоренности посевов ячменя ярового приведены в табл. 5.71.

Таблица 5.71

Засоренность посевов ячменя ярового по вариантам

Варианты	Поверхности	Количество сорных растений, шт./м ² на 18.05.05			% к контролю многолетних сорных растений	% к контролю однолетних сорных растений	% к контролю всего сорных растений
		Многолетние	Однолетние	Всего			
Контроль	1	15	31	46			
	2	7	30	37			
	3	15	15	30			
	ср	12,3	25,9	37,6	100	100	100
«Грейт Плейнз»	1	15	19	34			
	2	13	18	31			
	3	15	18	43			
	ср	14,3	18,3	36	116	70,6	96

НСР = 19,6

Показатели влажности почвы по слоям в сроки получения полных всходов, начало колошения и перед уборкой представлены в табл. 5.72.

Таблица 5.72

Влажность почвы по слоям на посевах ярового ячменя
в различные строки его вегетационного развития, %

Сроки	Слои	Повторности	Варианты	
			Контроль	«Грейт Плейнз»
1	2	3	4	8
Полные всходы 18.05.05	0–20	1	22,0	21,3
		2	21,2	20,9
		3	20,9	19,9
		4	19,9	21,0
		Ср.	21	20,77
		% к контр.	100	98,9
	20–40	1	21,3	20,2
		2	20,7	21,3
		3	18,7	20,1
		4	20,1	20,3
1	2	3	4	8
		4	20,1	20,3
		Ср.	20,2	20,47
		% к контр.	100	101
		1	21,6	20,6
Начало колошения 10.07.05	0–20	2	20,3	21,2
		3	19,6	20,5
		4	20,9	21,2
		Ср.	20,6	20,87
		% к контр.	100,0	101,0
		1	21	19,1
	20–40	2	20,7	20,1
		3	20,4	19,9
		4	19,9	19,8
		Ср.	20,5	19,78
		% к контр	100	96
		Перед уборкой 21.08.05	0–20	1
2	21,3			20,9
3	19,8			21,7
4	20,7			21,2
Ср.	20,62			21,27
% к контр.	100			103
20–40	1		21	20,7
	2		20,5	19,9
	3		20,3	20,3
	4		20,3	21,0
	Ср.		20,52	20,47
	% к контр.		100	99,7

HCP= 0,197

Достоверность данных таблицы (определенная с помощью критерия Фишера) составила 95 %, а разница между вариантами опыта является существенной.

Перед уборкой влажность верхних слоев почвы была выше на 3 – 5 % чем на контроле в вариантах использования американской сеялки «Грейт Плейнз». В этих же вариантах влажность почвы в нижних слоях была ниже на 1 – 2 %, чем на контроле.

Показатели плотности почвы по слоям в сроки полных всходов, начало колошения и перед уборкой приведены в табл. 5.73.

Таблица 5.73

Плотность почвы на посевах ячменя ярового по слоям в различные сроки его вегетационного развития, г/см²

Сроки	Слои	Повторность	Варианты	
			Контроль	«Грейт Плейнз»
1	2	3	4	5
Полные всходы 18.05.05	0–20	1	1,33	1,12
		2	1,21	1,18
		3	1,28	1,13
		4	1,28	1,17
		ср	1,275	1,15
	20–40	1	1,39	1,3
		2	1,47	1,3
		3	1,39	1,25
		4	1,31	1,199
		ср	1,39	1,26
Начало колошения 10.07.05	0–20	1	1,23	1,01
		2	1,07	1,03
		3	1,25	1,07
		4	1,21	1,13
		ср	1,19	1,06
	20–40	1	1,33	1,25
		2	1,25	1,21
		3	1,28	1,27
		4	1,26	1,25
		ср	1,28	1,245
Перед уборкой 21.08.05	0–20	1	1,1	1,25
		2	1,19	1,03
		3	1,15	1,07
		4	0,96	1,13
		ср	1,1	1,12
	20–40	1	1,31	1,3
		2	1,31	1,25
		3	1,28	1,28
		4	1,28	1,24
		ср	1,295	1,267

НСР= 0,034

Достоверность данных составила 95 %, а разница между вариантами опыта является значимой. Анализ данных таблицы показывает, что наибольшее влияние на плотность почвы оказывает глубина, доля которой составляет 45,26 %. Доля влияния вариантов опыта и сроков отбора образцов составляла 11, 61 % и 4 и 2 % соответственно. Плотность почвы в зоне развития корневой системы растений во всех вариантах опыта не выходила за пределы оптимальной. Наибольшая плотность по горизонтам и срокам развития растений была на контрольном варианте.

Урожайность ячменя ярового по вариантам представлена в табл. 5.74.

Достоверность полученных данных по урожайности составила 87,5 %. В варианте использования американской сеялки «Грейт Плейнз» урожайность ячменя ярового превысила на 8 % контроль.

Таблица 5.74

Урожайность ячменя ярового по вариантам, ц/га

Варианты	Повторности				% к контролю
	1	2	3	ср	
Контроль	21,0	24,83	26,5	24,11	100
«Грейт Плейнз»	28,5	27,06	22,5	26,05	108

НСР=3,0

Таким образом, наивысшая урожайность ячменя была получена в вариантах с использованием сеялки «Грейт Плейнз» с дисковой сошниковой системой и составила 33,7 ц/га.

5.5 Результаты экспериментальных исследований комбинированной машины “No-till” с трактором марки ХТЗ

С целью определения эффективности использования прямого сева с трактором ХТЗ-18040 нами проведено производственное испытание в хозяйствах Харьковского района. За период испытаний было засеяно озимой пшеницей около 320 гектара. При этом фактические средний расход топлива составил 5 л/га, а производительность – 4,2 га/час. Также определены качественные показатели работы посевного агрегата при таких условиях: сев озимой пшеницы после предшественника подсолнечника) тип почвы – чернозем типичный, влажность – 22,4%.



до посева



после посева

Рис. 5.2 Фон поля

Качество работы агрегата для прямого сева оценивали по структурному составу почвы, коэффициенту структуры на глубине посева семян и плотности на трех передачах при скорости движения соответственно 8,3; 10,5; 15,1 км/час, средней глубине посева 5,6 см и глубине обработки дисков 7,8 см. Данные относительно качественных показателей работы машин по вариантам приведены в табл. 5.75.

Структурный состав почвы

Условия	Фракции, мм						Коэффициент структурности
	<0,2	2-3	3-5	5-7	7-10	> 10	
2 передача	18,90	39,02	8,54	4,27	4,88	24,39	
	18,65	25,91	32,12	3,11	3,63	16,58	
	22,91	16,76	27,37	3,35	3,91	25,70	
среднее	20,15	27,23	22,68	3,58	4,14	22,22	1,36
3 передача	11,90	39,05	10,00	5,71	8,10	25,24	
	19,68	33,73	10,04	9,64	9,24	17,67	
	20,21	34,04	4,26	3,19	13,30	25,00	
среднее	17,27	35,61	8,10	6,18	10,21	22,64	1,51
4 передача	15,84	36,63	18,81	3,47	4,95	20,30	
	17,01	43,81	11,34	3,09	4,64	20,10	
	13,79	34,48	20,69	3,45	5,91	21,67	
среднее	15,55	38,31	16,95	3,34	5,17	20,69	1,76
до обработки	13,69	12,50	16,67	2,98	5,95	48,21	
	19,41	20,59	7,06	5,29	11,76	35,88	
	10,68	26,70	9,71	2,43	9,22	41,26	
	14,42	26,92	12,50	4,81	6,25	35,10	
среднее	14,84	24,74	14,80	4,18	9,08	37,41	1,01

Анализ данных таблицы показывает, что использование приставки позволяет повысить коэффициент структурности почвы с 1,01 до 1,76. Увеличение скорости движения с 8,3 до 15,1 км/час (рабочие передачи трактора 2, 3, 4) способствует его повышению в 1,3 раза. Но с учетом допустимых рабочих скоростей движения зерновой сеялки (до 12 км/час) необходимо ограничиться максимально третьей передачей.

Плотность почвы определяли методом цилиндров. Результаты даны в табл. 5.76.

Плотность почвы (табл. 5.77) после возделывания почвы уменьшается по слоям почвы 5, 10 см соответственно с 1,81; 1,95 г/см³ до 1,21; 1,38 г/см³, что создает более благоприятные условия для развития растений. Повышение скорости движения агрегата также не значительно способствует уменьшению уплотнения почвы по его слоям соответственно в 1,07 и 1,01 раза.

Таблица 5.76

Плотность почвы

Условия	Слой почвы	Повторность	Масса сухой почвы, г	Плотность
2 передача	5 см	1	258,24	
		2	251,45	
		3	235,90	
		средняя	248,53	1,29
	10 см	1	273,00	
		2	262,40	
		3	274,64	
		средняя	270,01	1,40
3 передача	5 см	1	236,20	
		2	255,18	
		3	236,64	
		средняя	242,67	1,26
	10 см	1	258,92	
		2	282,68	
		3	262,08	
		средняя	267,89	1,39
4 передача	5 см	1	241,41	
		2	249,32	
		3	206,49	
		средняя	232,41	1,21
	10 см	1	269,25	
		2	266,24	
		3	258,07	
		средняя	264,52	1,38
До обработки	5 см	1	355,75	
		2	337,05	
		3	352,32	
		средняя	348,37	1,81
	10 см	1	365,65	
		2	376,62	
		3	384,59	
		средняя	375,62	1,95

Таблица 5.77

Плотность почвы, г/см³

Условия	Слой почвы	Повторность	Масса сухой почвы, г	Плотность
2 передача	5 см	1	141,41	
		2	149,32	
		3	106,49	
		средняя	132,41	0,688
	10 см	1	169,25	
		2	166,24	
		3	158,07	
		средняя	164,52	0,855

3 передача	5 см	1	136,20	
		2	155,18	
		3	136,64	
		средняя	142,67	0,742
	10 см	1	158,92	
		2	182,68	
		3	162,08	
		средняя	167,89	0,873
4 передача	5 см	1	158,24	
		2	151,45	
		3	135,90	
		средняя	148,53	0,772
	10 см	1	173,00	
		2	162,40	
		3	174,64	
		средняя	170,01	0,884
До обработки	5 см	1	155,75	
		2	137,05	
		3	152,32	
		средняя	148,37	0,771
	10 см	1	165,65	
		2	176,62	
		3	184,59	
		средняя	175,62	0,91

Использование технологии «No till» для выращивания зерновых культур в севооборотах с разноглубинной системой основного возделывания почвы нуждается в обеспечении копирования поверхности поля системами сошников сеялок прямого сева для улучшения равномерности заделки семян и получения дружных всходов растений.

На основании приведенного анализа сеялок прямого сева предложена к массовому внедрению в производство разработанная почвообрабатывающая приставка к серийным сеялкам типа СЗ, преимуществом которой является: адаптация для работы и на тяжелых почвах, способность работать в разных системах возделывания почвы, в том числе и в условиях разноглубинного возделывания, меньшая стоимость и возможность агрегатирования с тракторами марки ХТЗ.

Испытания трактора ХТЗ-17021 в агрегате с почвообрабатывающей приставкой и зерновой сеялкой СЗ-5,4-06

На сегодняшний день широко внедрены в производство и продолжают развиваться ресурсосберегающие технологии выращивания зерновых культур, которые направлены на снижение затрат энергии на выращивание и сохранение плодородия почв, что есть актуально, так как до 50 % посевных площадей Украины находятся в эрозийно опасных зонах. В частности применяется разновидность этих технологий – технология «No till»,

предусматривающая посев по стерне. Это достигается за счет использования сеялок прямого сева, которые за один проход подготавливают посевное ложе и производят посев. Из всего разнообразия конструкций сеялок прямого сева наибольшего распространения у нас получили сеялки прямого сева с подрезающим типом рабочих органов так называемые – сеялки-культиваторы и сеялки, состоящие из модулей для локального рыхления почвы и посева. Первые, в сравнении со вторыми, имеют большее тяговое сопротивление и, что более важно, не имеют возможности индивидуального копирования поверхности обрабатываемыми и заделываемыми рабочими органами, что приводит к неравномерности заделки семян по глубине.

Кафедрой механизации и электрификации сельскохозяйственного производства совместно с конструкторами объединения УПЭК разработана и внедрена в производство почвообрабатывающая приставка ППС-5,4 к зерновой сеялке типа СЗ-5,4. Которая предназначена для подготовки семенного ложа под зерновые культуры в минимальных технологиях их выращивания и ее разновидности – технологии «No till». Приставка позволяет расширить пределы применения серийных зерновых сеялок типа СЗ-5,4 в качестве сеялки прямого сева. Агрегируется приставка ППС-5,4 в составе с зерновой сеялкой СЗ-5,4-06 с колесными тракторами класса тяги 3. Кроме того есть возможность переоборудовать приставку для агрегатирования ее с сеялкой СЗ-3,6 при ширине захвата 3,6 м.

Приставка (рис. 5.3.) состоит из прицепной рамы, которая в транспортном положении опирается на два опорных колеса. К ней через нажимные пружины крепятся рабочие органы – волнистые почвообрабатывающие диски.



Рис. 5.3. Общий вид посевного агрегата в составе ХТЗ-17221+ППС-5,4+СЗ-5,4

Во время движения приставки и присоединенной к ней зерновой сеялки волнистый диск обрабатывает узкую полосу почвы, в которую дисковый сошник с опорно-прикатывающим катком заделывает семена (рис. 5.3).



Рис. 5.4. Вид поля после прохода посевного агрегата

Качество работы посевного агрегата оценивали неравномерностью заделки семян по глубине и копированием следа волнистых режущих дисков приставки прямого сева ППС-5,4 сошниками сеялки СЗ-5,4-06 при отклонениях от прямолинейности движения (пологие кривые при обсевах).

При этом глубину заделки семян определяли после всходов по этиолированной части растений (10 замеров в трехкратной повторности), а повторяемость следа волнистых режущих дисков приставки сошниками сеялки при поворотах трактора проверяли визуально после появления всходов совпадением рядка растений и следа почвообрабатывающего диска.

Полевые производственные испытания проводили при севе озимой пшеницы агрегатом в составе трактора ХТЗ-17221, почвообрабатывающей приставки ППС 5,4 и зерновой сеялки СЗ-5,4 на поле по стерне после проса. Влажность почвы составила в среднем 20 %, тип почвы – чернозем типичный среднегумусный тяжелосуглинистый. Рабочие передачи трактора ХТЗ-17221 во время посева 3,4 рабочего диапазона. Площадь посева озимой пшеницы составила 67 га.

Анализ результатов глубины заделки семян в почву показывает, что коэффициент вариации в среднем по повторностям составляет 9,7 %. Следовательно: отклонения от глубины заделки семян находятся в пределах допустимых требований агротехники.

Всходы озимой пшеницы (исходя из визуальных наблюдений) – дружные и равномерные (рис. 5.5).



Рис. 5.5 Всходы озимой пшеницы

Повторяемость следа режущих дисков приставки прямого сева сошниками сеялки по состоянию всходов на поворотных полосах является удовлетворительной для качественного посева.

Таким образом:

1. Использование технологии «*No till*» для выращивания зерновых культур в севооборотах с разноглубинной системой основного возделывания почвы нуждается в

обеспечении копирования поверхности поля системами сошников сеялок прямого сева для улучшения равномерности заделки семян и получения дружных всходов растений.

2. На основании приведенного анализа сеялок прямого сева предложена к массовому внедрению в производство разработанная почвообрабатывающая приставка к серийным сеялкам типа СЗ, преимуществом которой является: адаптация для работы и на тяжелых почвах, способность работать в разных системах возделывания почвы, в том числе и в условиях разноглубинного возделывания, меньшая стоимость и возможность агрегатирования с тракторами марки ХТЗ.

Выводы

1. При использовании сеялки прямого сева АПП-6 с ленточным посевом улучшаются физико-механические свойства почвы, которые являются важным фактором для повышения урожайности яровых колосовых.

На основании полученных данных целесообразно рекомендовать производству использование сеялки прямого сева (с ленточным распределением семян) в зоне Лесостепи Украины.

2. При использовании сеялки прямого сева АПП-6 с рядным посевом коэффициент неравномерности по ширине захвата составил – 12,7 %; неравномерность по ширине захвата лапы – 6,7 %; неравномерность по направлению движения посевного агрегата – 1,2 %; неравномерность глубины заделки семян по ширине лапы – 9,5 %; неравномерность глубины заделки семян по ходу движения лапы – 5,3 %.

3. Устранить люфт сойлентблоков подвижной рамки; устранить свободное колебание стоек лап; установить систему контроля высева; установить на сеялку устройство для внесения минеральных удобрений; добавить инструкцию по эксплуатации.

4. В результате обработки данных полевых исследований сеялки прямого сева «Мелания» неравномерность распределения семян по ширине захвата сеялки составляет 9 %; неравномерность распределения по ширине захвата лапы составляет – 6,7 %; неравномерность распределения семян по ходу посевного агрегата составляет – 1,2 %; отклонение глубины заделки семян по ширине захвата лапы составляет – 9,5 %; отклонение глубины заделки семян по ходу движения лапы сошника составляет – 5,3 %.

5. Низкая производительность вентилятора, машина не работает из-за перегрева масла; для сева высокие требования к чистоте семян; при движении машины на подъем не хватает мощности вентилятора.

6. Сеялка прямого сева «Грейт Плейнз» влияет на сохранение влаги в слое почвы 0 – 40 см в начале вегетации растений, имеющего решающее значение для роста и развития растений.

Наибольшую полевую всхожесть семян имели варианты опыта с использованием сеялки. В этих вариантах всходы были получены более дружными. Достоверность данных составила 95 %. Статистическая обработка данных показывает, что наибольшее влияние на твердость почвы оказывает глубина, доля которой составила 96 %.

7. Использование технологии «No till» для выращивания зерновых культур в севооборотах с разнотравной системой основного возделывания почвы нуждается в обеспечении копирования поверхности поля системами сошников сеялок прямого сева для улучшения равномерности заделки семян и получения дружных всходов растений.

На основании результатов качественных показателей работы посевного агрегата делаем вывод: внедрение в производство приставки ППС-5,4 к зерновой сеялке СЗ-5,4-06 для агрегатирования с тракторами класса тяги 3 – целесообразно.

«Вопросы современных энергосберегающих технологий выращивания и хранения овощных и бахчевых культур, а также производство семян и влияние предпосевной обработки на их продуктивность имеют актуальное значение.»

С.И. Корниенко

ГЛАВА 6

ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ ОВОЩЕВОДСТВА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

6.1 Анализ существующих способов и технологий подготовки почвы под посев сельскохозяйственных культур

При выращивании овощных культур значительное место занимает обработка междурядий. Для выполнения этой операции используют пропашные культиваторы с рабочими органами различной конструкции и различного назначения. Уничтожение сорняков и обеспечения рациональной структуры почвы в междурядьях при выращивании овощей в условиях орошения остается актуальной проблемой. Система сплошной обработки почвы и при междурядной обработке, в частности, должна сохранять и улучшать физические свойства почвы, создавать условия для размножения и деятельности почвенной микрофлоры, роста и развития растений.

Технологические требования к междурядной обработке при выращивании овощных культур предусматривают, чтобы почва после культивации была мелкокомковатой без вынесения на поверхность влажного слоя, глубина образованных борозд не превышала 1,5 – 2 см, глыб диаметром более 20 см не должно быть более 20 %. Выбор рациональной обработки почвы и выбор соответствующего рабочего органа зависит от механического состава почвы, фазы развития растения, экономической целесообразности и так далее.

При обосновании рациональных конструктивных параметров комбинированного почвообрабатывающего агрегата взято положение, в котором переменная производительность зависит от рабочей ширины захвата и скорости агрегата и коэффициента использования времени смены. Учитывали неоднозначное влияние на рост производительности увеличения рабочей скорости и ширины агрегата. Повышение рабочей скорости агрегата приводит к увеличению производительности МТА, но одновременно

увеличивает удельное тяговое сопротивление агрегата, зависит от почвенных условий, и приводит к повышению энергоемкости операции. Повышение производительности МТА за счет увеличения ширины захвата агрегата приводит к увеличению тягового сопротивления и снижению скорости движения, а, соответственно, и производительности.

По данным Института механизации и электрификации НААН Украины безотвальная обработка почвы на 37% и более повышает производительность труда, более чем на 24% сокращает металлоемкость машин и орудий. На территории Украины наиболее распространенными способами обработки почвы является вспашка 55%, мелкое рыхление тяжелыми дисковыми боронами 25%, а 29% приходится на другие способы обработки. Способы обработки почвы на территории Украины имеют существенные недостатки: высокая энергоемкость, недостаточное качество подрезания корней сорняков, образование уплотненной почвы и т. Для устранения этих недостатков разработан новый рабочий орган, который проводит разрыхление на глубину 3 – 16 см на всю площадь поперечного сечения. Данный рабочий орган испытывался при подготовке почвы под сахарную свеклу, кукурузу на зелёный корм, горох и пшеницу озимую. Анализ технологического процесса показал, что при применении разноглубинной обработки почвы затраты энергии на основную обработку под пшеницу озимую почти вдвое меньше, а урожай на 10 – 15% больше, чем при традиционной технологии, а при выращивании сахарной свеклы при одинаковой урожайности затраты энергии на основную обработку на 35 – 40% меньше по сравнению с другими способами обработки почвы.

Актуальной задачей обработки почвы является улучшение ее физических свойств. При этом необходимо учитывать, что плотность почвы существенно влияет на урожайность и относится к основным характеристикам почвы. Установлено, что увеличение или уменьшение

плотности почвы по сравнению с рациональной на 0,1 – 0,3 г / см³ приводит к снижению урожайности на 20 – 40%. Рациональной плотностью почвы при выращивании овощных культур принята плотность 1,1 – 1,3 г / см³.

В исследованиях научных учреждений определены основные принципы формирования систем машин для обработки почвы под свеклу сахарную, зерновые, кукурузу на зелёный корм. При внедрении технологий выращивания овощных культур предполагается многократное применение тяжелых машин, МТА, что приводит к значительному росту интенсивности обработки почвы и ухудшению ее физических свойств. К сожалению, разработке научных основ системы обработки почвы под овощные культуры уделяется мало внимания.



Рис. 6.1 Структура технологий обработки почвы

Современная система земледелия претерпела период кардинальных изменений, определились два основных способа в механизации обработки почвы: минимальный с применением безотвальной рабочих органов, в том числе плоскорезного, чизельного, а также с применением комбинированных агрегатов и традиционной обработкой с применением отвальных плугов. Классическую отвальную технологию обработки почвы в чистом виде в Украине практически не используют. Обычно, это дифференцированная обработка в севооборотах, когда под отдельные культуры осуществляется вспашка, дискование, плоскорезная обработка, чизельная обработка почвы в пределах от 6 – 8 см до 40 – 45 см. Предполагаемая структура технологических процессов представлена на рис. 6.1 и 6.2.

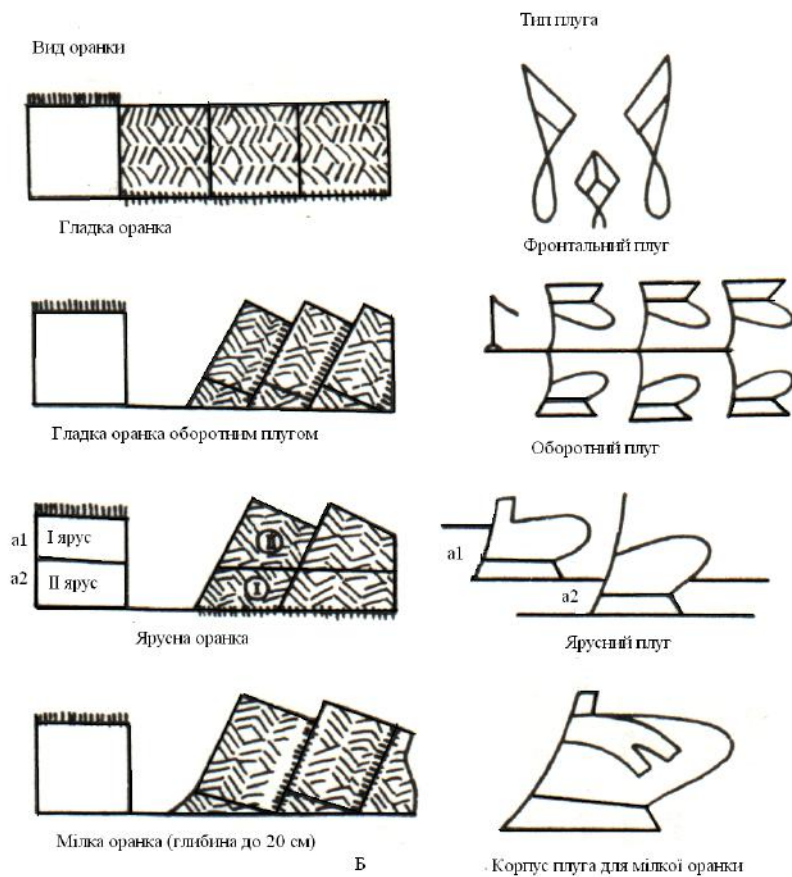
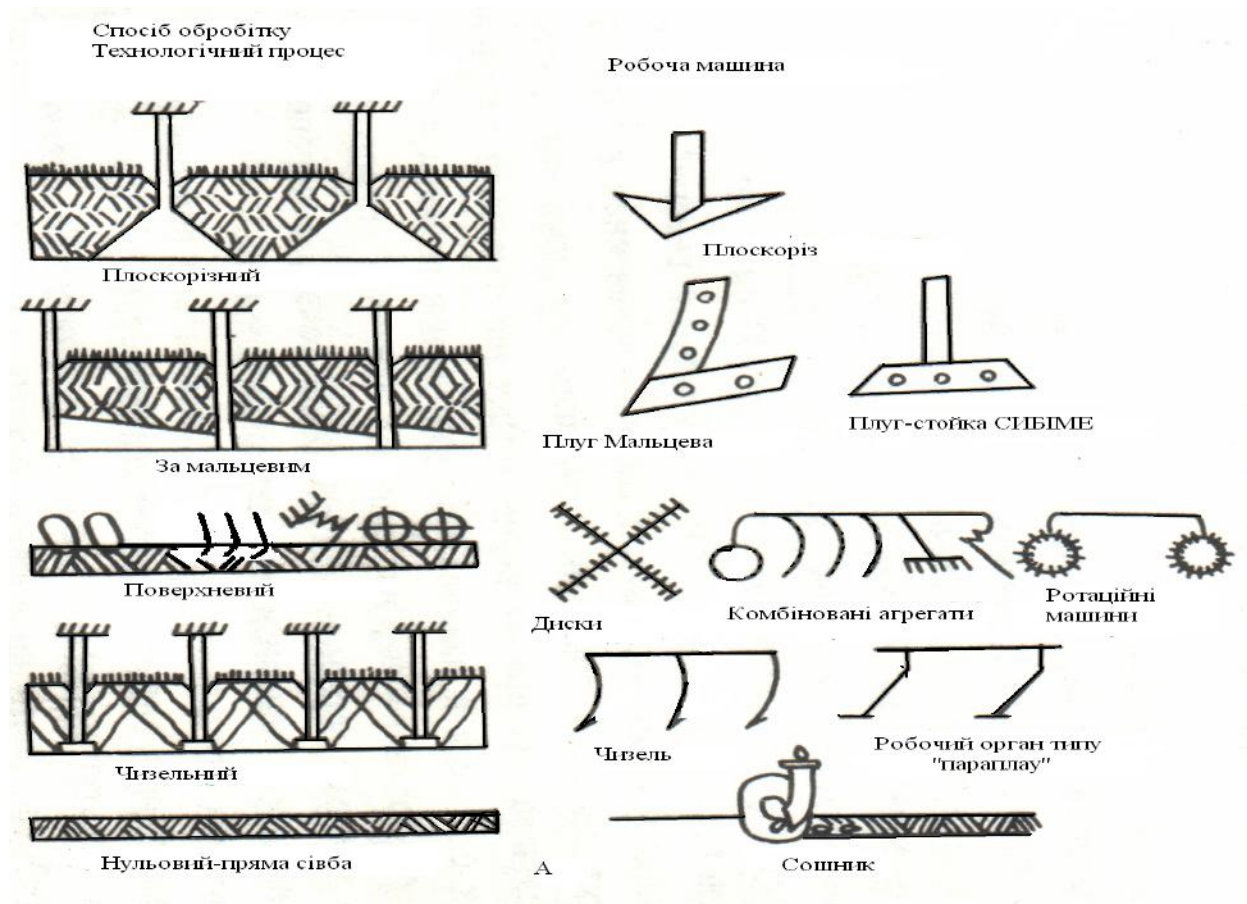


Рис. 6.2. Разновидности технологических процессов и рабочие органы для минимальной и традиционной обработок.

Механизованная обработка почвы позволяет «регулировать» агрофизические, биологические и агрохимические процессы, происходящие в почве, содержание почвенной влаги в корнеобитаемом слое и эффективное использование растениями внесенных удобрений. По М. Качинскому в почве твердая часть должна занимать 50% и 50% – границ разных размеров. Интегральным показателем физического состояния почвы является плотность (1,1 – 1,3 г/см³). Одним из актуальных направлений является разработка минимизированных систем обработки почвы под овощные культуры с использованием новейших технических средств (почвообрабатывающие технологии – безотвальной, полосная, нулевая). В результате исследований предполагается выявить влияние обработки почвы полосами заданной глубины (*h*) определенной ширины (*b*) на процессы накопления и разложения при этом органического вещества, определить допустимые размеры удельного давления тракторов и сельскохозяйственных машин на почву для обоснования технологических требований, предъявляемых к новым конструкциям, нахождение путей снижения уплотняющего воздействия ходовых систем техники на свойства почвы и плодородие, площадь питания овощных культур при полосном способе обработки почвы, определение взаимосвязи между глубиной обработки почвы и шириной полосы на производительность овощных культур. При этом на площади формируют равные обработанные и необработанные полосы, кратные по ширине базовой колеи трактора (например 140 см).

Таким образом, рационализация параметров и режимов работы (ширина захвата и рабочей скорости различных МТА максимально возможные с учетом почвенных условий и влияния скорости на изменение удельного сопротивления машины. Максимальная теоретическая производительность на различных почвах обычно меняется в большом диапазоне (в 2,6 – 2,7 раза). Наибольшую теоретическую производительность на каждом типе почв имеют МТА с мощными тракторами. Рациональная рабочая ширина захвата каждого из рассмотренных МТА меняется более чем в три раза в зависимости от механического состава почв. Для эффективного использования МТА с трактором МТЗ-80 необходимо комплектовать комбинированную почвообрабатывающую машину шириной захвата от 2,1 до 5,4 м. Диапазон рациональных рабочих скоростей МТА является узким (от 6,0 до 7,6 км / ч) и зависит больше от класса трактора, чем от типа почв.

6.2 Условия и методика проведения исследований

6.2.1. Почвенно-климатические условия

Исследования проведены в 2011 – 2015 гг. в овоще-кормовом оросительном севообороте ИОБ НААН, который находится в восточной части Левобережной Лесостепи Украины, на территории Харьковского района Харьковской области.

Среднегодовая температура воздуха зоны составляет 6,8...7,0 °С, в самом теплом месяце (июле) – 19,3...20,4 °С, период с температурой выше 10°С продолжается 170 – 180 дней. Среднегодовая сумма осадков в зоне проведения исследований составляет 471 мм. Месяцами с наибольшим количеством осадков во всех районах области являются июнь и июль, в течение которых выпадает 57 – 73 мм осадков. Относительно засушливые – ранневесенний и осенний периоды. Запас продуктивной влаги в слое почвы 0 – 100 см в апреле составляет 116 – 138 мм, в июле – 39 – 77 мм.

Почва исследуемого участка: чернозем оподзоленный среднесуглинистый луговой. Мощность гумусового профиля 94 см. Содержание гумуса в пахотном слое (0 – 30 см) – 3,26%, в подпахотном (30 – 50 см) – 3,00%. Почва незасоленная, не солонцеватая, малогумусная.

6.2.2 Методика проведения исследований

Исследование проведено в стационарном овощном севообороте лаборатории адаптивного овощеводства ИОБ НААН. Закладка опытов и наблюдения выполнены согласно с «Методикой опытного дела в овощеводстве и бахчеводства» под ред. Г. Л. Бондаренко, К. И. Яковенко (Харьков, 2001). Площадь учетного участка для моркови сорта *Оленка*, лука репчатого сорта *Ткаченківська* и свеклы столовой сорта *Дій* – 10 м², томата рассадного сорта *Кременчуцький* – 20 м². Повторность – четырехкратная. Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа.

Цель исследований: Определить влияние способов обработки почвы на продуктивность моркови и лука репчатого и создать технические средства, обеспечивающие выполнение этих операций.

Технология выращивания овощных культур в опыте общепринятая для условий Левобережной Лесостепи Украины.

6.3 Результаты исследований агрофизических показателей почвы

По результатам почвенного анализа существенной разницы между участками, отведенными под изучение систем земледелия, не обнаружено, наблюдается тенденция к повышению твердости почвы в подпахотном слое на обоих полях (табл. 6.1). В дальнейшем изучали влияние технологий выращивания на агрофизическое состояние почвы, а данные 2011 г. использовали в качестве контрольных.

Плотность сложения чернозема типичного является главным агрофизическим показателем состояния почвы, который обуславливает уровень эффективного плодородия. Основная обработка почвы предусматривает снижение плотности пахотного слоя. Установлено, что при интенсивной (стандартная) технологии (вспашка) плотность почвы составляла 1,36 г / см³ в слое 0 – 10 см, 1,47 в слое 10 – 20 и 1,57 г / см³ в слое 20 – 30 см. По исследуемой адаптивной технологии вспашку в севообороте на 20% заменили на дискование, что привело к снижению показателей плотности почвы в отношении вышеуказанных слоев до 1,13, 1,08 и 1,24 г / см³. Безотвальная обработка (20% площади) также способствовала снижению плотности почвы по сравнению с пахотой: 1,16, 1,30 и 1,26 г / см³ (табл. 6.1).

В посевах картофеля, который выращивали в гребнях, при поверхностной основной обработке плотность почвы была несколько ниже, чем при пахоте, и была ниже в слое 10 – 20 см в обоих способах выращивания. По томату эти показатели также были лучше разрабатываемой системы, и к концу вегетации культуры произошло равенство показателей с увеличением плотности. Обработка поля дисковыми рабочими органами под посев моркови способствовала снижению плотности почвы всех горизонтов по данным учетов. Под лук репчатый проведена вспашка с оборотом пласта.

Таблица 6.1

Плотность почвы в зависимости от способа основной обработки, 2013 г.

Культура	Технология производства	Обработка почвы	Плотность в слоях, г/см ³					
			Учет 11.06			Учет 14.08		
			0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Картофель	Интенсивная	Вспашка	1,15	1,10	1,27	1,24	1,19	1,36
	Адаптивная	Безотвальная	1,13	1,08	1,24	1,22	1,11	1,36

Томат	Интенсивная	Вспашка	1,28	1,27	1,31	1,30	1,28	1,30
	Адаптивная	Дискование	1,25	1,30	1,28	1,28	1,28	1,28
Морковь	Интенсивная	Вспашка	1,33	1,27	1,40	1,35	1,29	1,38
	Адаптивная	Безотвальная	1,30	1,26	1,40	1,32	1,25	1,35
Лук	Интенсивная	Вспашка	1,36	1,47	1,57	1,38	1,45	1,54
	Адаптивная	Вспашка	1,34	1,43	1,57	1,36	1,42	1,54
Капуста*	Интенсивная	Вспашка	1,21	1,32	1,44	1,19	1,30	1,41
	Адаптивная	Дискование	1,18	1,27	1,38	1,15	1,26	1,39
Свекла столовая	Интенсивная	Вспашка	1,27	1,40	1,55	1,29	1,46	1,55
	Адаптивная	Вспашка	1,27	1,41	1,54	1,29	1,46	1,56
Огурец	Интенсивная	Вспашка	1,26	1,28	1,24	1,11	1,19	1,22
Люцерна	Адаптивная	Вспашка	1,12	1,06	1,23	1,14	1,08	1,21
Фасоль	Интенсивная	Вспашка	1,33	1,28	1,30	1,35	1,30	1,33
Люцерна	Адаптивная	Нулевой	1,11	1,06	1,22	1,14	1,07	1,31

Замена отвальной вспашки поверхностной обработкой осенью, применение сидеральной смеси тритикале озимая + вика озимая с измельчением ее весной способствовала снижению плотности в слое 0 – 10 см при первом учете и во всех трех слоях – по второму. Под свеклу столовую проведено отвальную вспашку при обеих технологиях выращивания, показатели плотности практически не отличались по вариантам (см. табл. 6.2).

Важным показателем агрофизического состояния почвы является твердость (табл. 6.2).

Таблица 6.2

Твердость почвы в технологиях выращивания капусты, кг/см²

Глубина, см	Интенсивная (контроль)		Адаптивная	
	2011 г., ячмень (к.)	2013 г., капуста	2011 г., ячмень (к.)	2013 г., капуста
0 – 10	8	11,0	7	10,6

10 – 20	11	16,9	10	19,7
20 – 30	17	19,3	16	22,0

На фоне поверхностной основной обработки почвы полосную обработку для освобождения зоны рядка от остатков укрывающей травосмеси проводили усовершенствованным сошником при посеве семян лука и моркови, глубокое возделывание междурядий пассивными долотообразными органами осуществляли машиной с активными фрезами и защитными дисками, что способствовало улучшению водно-физического состояния почвы, в результате этого овощные культуры получали усиленный рост и развитие по сравнению с контрольными вариантами.

По результатам биометрических измерений на длину растения лука репчатого сорта *Ткаченківська*, на количество листьев исследуемые способы обработки почвы не влияли. Урожайность лука сорта *Ткаченківська* при полосовой обработке составляла 36,6 т/га, на фоне безотвальной обработки – 33,4 и на фоне вспашки – 31,8 т/га (табл. 6.3). Отмечено снижение товарности урожая в соответствии с вышеуказанными фонами с 98 до 96 и 95%.

Таблица 6.3

Влияние факторов почвы на урожайность лука сорта *Ткаченківська*, 2014 г.

Способ основной обработки (фактор А)	Междурядная обработка (фактор В)		
	КРН-4,2	Экспериментальный культиватор	Среднее по фактору А
Вспашка(к.)	31,1	31,8	31,4
Безотвальная	33,0	33,4	33,2
Лущение	33,9	36,6	35,2
Среднее по фактору В	32,7	33,9	Среднее по опыту 33,3
НІР для фактора А			1,25
НІР для фактора В			1,19
НІР для частичных отличий по фактору А			2,09
НІР для частичных отличий по фактору В			2,12

По данным биометрических измерений растения моркови сорта *Оленка*, выращенные по полосовой обработке экспериментальным культиватором с активными рабочими органами по высоте растений и длиной корнеплодов несколько превышали показатели по контролю (применение серийного культиватора КРН-4,2). При полосовой обработке строк и междурядий на фоне лущения почвы наблюдали аналогичное повышение

показателей урожайности корнеплодов моркови сорта *Оленка* до 33,1 т / га при товарности 94%, при безотвальной обработки 28,4 т / га и 90%, на контроле (вспашка) в соответствии 27,8 т / га и 86% (табл. 6.4).

Таблица 6.4

Урожайность растений моркови сорта *Оленка*
в зависимости от обработки почвы, 2014 г.

Способ основной обработки (фактор А)	Междурядная обработка (фактор В)		
	КРН-4,2	Экспериментальный культиватор	Среднее по фактору А
Вспашка (к.)	27,1	27,8	27,4
Безотвальная	27,7	28,4	28,0
Лушение	31,5	33,1	32,3
Среднее по фактору В	28,8	29,8	Среднее по опыту 29,3
НПР для фактора А			1,46
НПР для фактора В			1,48
НПР для частичных отличий по фактору А			3,79
НПР для частичных отличий по фактору В			3,51

6.4 Пути снижения удельного давления на почву

Одной из основных функций системы сдвоенных колес является снижение давления на почву с одновременным увеличением тягового усилия трактора при выполнении энергозатратных работ за счет увеличения площади сцепления колес с почвой. Для сохранения тягово-сцепных свойств необходимых для выполнения технологических операций, приходится увеличивать площадь контакта колес с почвой. Это достигается путем сдваивания передних и задних колес, снижения давления воздуха в шинах. Применение сдвоенных колес снижает удельное давление на почву, в 1,5 – 2 раза уменьшает степень уплотнения по следу трактора, повышает проходимость агрегатов при повышенной влажности и увеличивает их тяговое усилие. Это особенно актуально в ранние сроки проведения весенне-полевых работ при высокой влажности почвы. Уменьшить удельное давление колес на почву и увеличить тяговые свойства можно при увеличении площади

контакта колес с почвой за счет равномерного распределения и снижения давления воздуха в сдвоенных колесах в пределах минимально допустимого.

Таким образом, осуществляется возможность регулирования площади контакта колес с почвой для работы при различных режимах эксплуатации, снижение удельного давления на почву с одновременным увеличением тягового усилия трактора. Это позволяет отказаться от дорогостоящих гусеничных тракторов на ранних сроках проведения весенних полевых работ при высоком содержании полевой влаги.

Гусеничные движители имеют большую массу, для их изготовления применяются дорогие специальные стали, ремонт сопряжен с рядом сложностей, меньшим сроком службы. Резинометаллические гусеницы дороги, недолговечны, имеют худшее сцепление с почвой. В процессе движения под нагрузкой давление на задние колеса гусеничных тракторов превышает аналогичный показатель колесных тракторов, установка дополнительных фронтальных балансиров не решает проблему.

Гусеничные машины менее экономичны, чем соответствующие их массе колесные, создают больше шума и имеют меньший запас хода. Кроме этого, на гусеничном тракторе при осуществлении очень резких разворотов гусеницы образуют земляные валы. Масса трактора по гусенице распределяется неравномерно.

6.5 Результаты испытаний гибкого элемента на культиваторе, предназначенном для предпосевной обработки почвы

Качественные показатели работы машин оценивали коэффициентом структурности почвы при глубине обработки нижнего и верхнего слоев (табл. 6.5)

Таблица 6.5

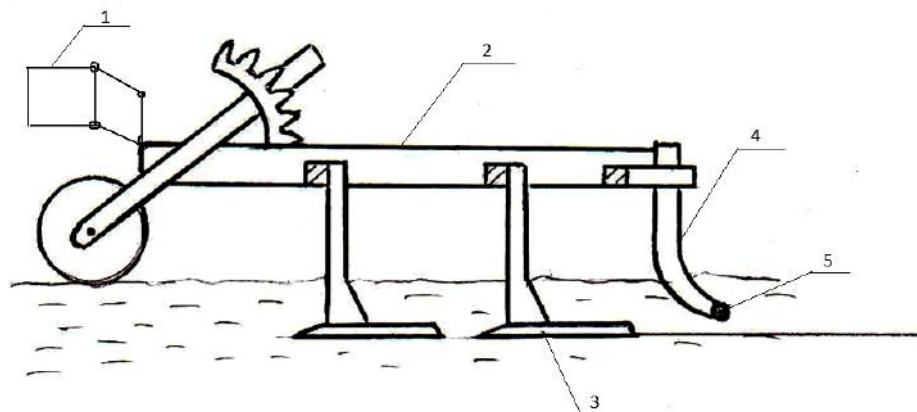
Структурный анализ почвы после прохода агрегата в составе трактора МТЗ-80 и культиватора КРН-5,4 с гибким рабочим органом

Вариант	Повторность	2	2-3	3-5	5-7	7-10	10	Сумма	Коэффициент
2 катка	1	205,00	100,00	300,00	50,00	150,00	190,00	995,00	
	2	230,00	110,00	310,00	60,00	120,00	200,00	1030,00	
	3	210,00	120,00	300,00	80,00	140,00	240,00	1090,00	
		215,00	110,00	303,33	63,33	136,67	210,00	1038,33	1,44
2 без катков	1	180,00	40,00	160,00	50,00	170,00	320,00	920,00	
	2	160,00	55,00	140,00	70,00	160,00	260,00	845,00	

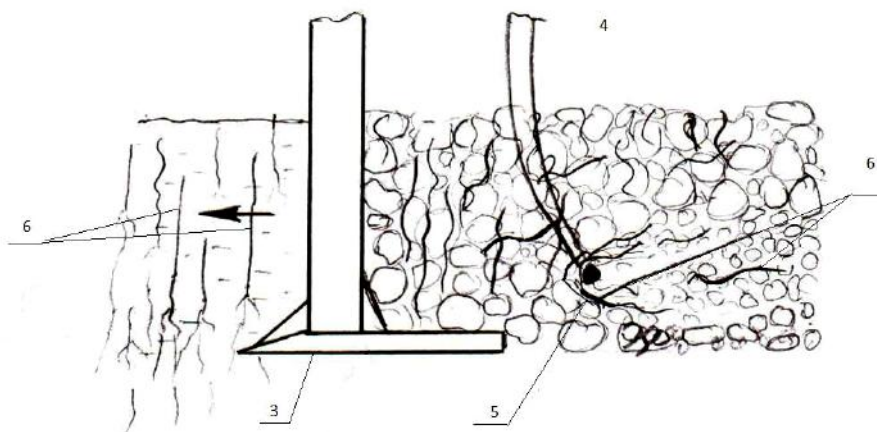
	3	170,00	60,00	150,00	80,00	190,00	310,00	960,00	
		170,00	51,67	150,00	66,67	173,33	296,67	908,33	0,95
2 трос	1	280,00	160,00	310,00	80,00	100,00	100,00	1030,00	
	2	300,00	170,00	280,00	120,00	120,00	120,00	1110,00	
	3	270,00	190,00	260,00	160,00	165,00	90,00	1135,00	
		283,33	173,33	283,33	120,00	128,33	103,33	1091,67	1,82
3 катка	1	450,00	110,00	160,00	100,00	170,00	100,00	1090,00	
	2	380,00	110,00	130,00	100,00	120,00	180,00	1020,00	
	3	180,00	110,00	430,00	100,00	120,00	200,00	1140,00	
ср. 2 пер.		225,37	112,22	226,30	90,00	149,26	201,11	1004,26	1,35
3 катка	1	450,00	110,00	160,00	100,00	170,00	100,00	1090,00	
	2	380,00	110,00	130,00	100,00	120,00	180,00	1020,00	
	3	180,00	110,00	430,00	100,00	120,00	200,00	1140,00	
		336,67	110,00	240,00	100,00	136,67	160,00	1083,33	1,18
3 без катков	1	240,00	130,00	250,00	80,00	170,00	600,00	1470,00	
	2	250,00	40,00	190,00	50,00	120,00	250,00	900,00	
	3	235,00	90,00	200,00	45,00	150,00	370,00	1090,00	
		241,67	86,67	213,33	58,33	146,67	406,67	1153,33	0,78
3 трос	1	230,00	160,00	250,00	140,00	140,00	300,00	1220,00	
	2	210,00	160,00	310,00	120,00	170,00	250,00	1220,00	
	3	200,00	140,00	340,00	145,00	190,00	220,00	1235,00	
		213,33	153,33	300,00	135,00	166,67	256,67	1225,00	1,61
ср.		239,63	118,89	254,81	97,78	150,00	274,44	1153,89	1,21

3 пер. до обработ.	1	280,00	150,00	100,00	150,00	170,00	220,00	1100,00	
	2	180,00	110,00	120,00	120,00	180,00	210,00	1200,00	
	3	260,00	120,00	90,00	180,00	150,00	200,00	1250,00	
		720,00	380,00	310,00	450,00	500,00	630,00	2990,00	1,21

Культиватор УСМК-5,4 (Г) для предпосевной обработки почвы (с установленным гибким элементом) предназначен для сплошной обработки почвы перед посевом. Обеспечивает: подготовку поля под посев за один проход; отсутствие отвальных гребней и борозд; «Закрытия» влаги в почве. Все рабочие органы смонтированы на жесткой каркасной раме (рис. 6.3), изготовленной из труб квадратного сечения, которые проходят одна в другую. Культиватор может работать на скоростях до 27 км / ч., при которых достигается высокая производительность обработки почвы при минимальном расходе топлива. Агрегатируется с тракторами тягового класса 1,4 – 4,0 тонн.



а



б

Рис. 6.3. Конструктивно-функциональная схема экспериментального культиватора

а – общий вид: 1 – рама; 2 – рабочие секции; 3 – двухсторонние лапы; 4 – стойки; 5 – гибкий рабочий элемент; б – технологический процесс

Экспериментальный культиватор состоит из рамы 1, опорного колеса, стояка для крепления гибкого рабочего элемента 4, гибкого рабочего элемента 6, лапы 3, системы навески (см. рис. 6.3, а).

Серийный почвообрабатывающий агрегат УСМК-5,4 переоборудован для сплошной обработки почвы. Состоит из рамы 1 с установленными на ней рабочими секциями 2, которые имеют возможность копировать поверхность почвы и точно регулировать глубину обработки, и дополнительно оборудованы двухсторонними лапами 3 (рис. 6.3, б).

При обработке почвы обеспечивается подрезание сорняков при формировании на заданную глубину семенного ложа.

Недостатком данного способа является подрезание только хорошо развитых сорняков и частичное разрушение нитевидных, в зависимости от погодных условий, вида почвы по твердости происходит недостаточное крошение его верхнего (надсеменного) слоя. Это приводит к недостаточному уничтожению сорняков, быстрому их повторному появлению, снижению полевой всхожести семян сельскохозяйственных культур.

Для устранения недостатков предлагается дополнительно на существующем культиваторе с двусторонними лапами (или с другими комбинациями рабочих органов) на стойках 4 разместить гибкий рабочий элемент 5 в пределах глубины обработки почвы. Натяжение гибкого элемента регулируется в зависимости от состояния и вида почвы (рис. 6.3, б). Использован гибкий рабочий элемент диаметром 2 – 8 мм посекционно или на всю ширину рабочего агрегата.

Предпосевную обработку почвы проводят преимущественно под мелкосеменные сельскохозяйственные культуры, которые имеют растянутый предвсходовый период, поэтому необходимо избежать засоренности на первых этапах развития сельскохозяйственной культуры.

В результате работы культиватора УСМК-5,4 (Г) происходит подрезание пласта почвы рабочими органами, его крошение в зависимости от состояния и вида почвы.

Размещение гибкого рабочего элемента по отношению к стандартным рабочим органам независимо от типа и состояния почвы дополнительно её измельчает, расслаивая фракции по глубине. При этом качественно выравнивается семенное ложе, полностью уничтожаются сорняки в фазе нити и всходов, а регулировкой натяжения гибкого рабочего органа обеспечивается и его качественное самоочищение (рис. 6.3). Работа

комбинированного агрегата для предпосевной обработки почвы положительно влияет на качество обработки надсеменного слоя почвы, состояние семенного ложа, эффективность подрезания сорняков б и уничтожения их в фазе нити и всходов.

Установлено положительное действие для предпосевной обработки почвы комбинированного агрегата, оборудованного гибким рабочим органом, который позволяет в зависимости от физического состояния почвы и её зрелости увеличить агрономически ценные фракции на 25 – 65% по сравнению с контролем (табл. 6.6). Данный факт был обусловлен дополнительным крошением и расслаиванием почвы по фракционному составу на поверхности семенного ложа.

Таблица 6.6

Распределение агрономических фракций почвы по разным способам предпосевной подготовки почвы

Сельскохозяйственные машины	Агрономические фракции почвы, %		
	<0,25 мм	0,25 – 10 мм	>10 мм
УСМК-5,4 (эталон)	1	49 – 55	44 – 50
УСМК-5,4 У, Оборудованный гибким рабочим органом	2	69 – 81	17 – 29

Исследование, в котором определяли влияние агрегата для предпосевной обработки почвы (оборудованного гибким рабочим органом) на густоту растений моркови и засоренность доказало, что густота растений моркови увеличивается с 750 – 850 до 925 – 1050 тыс.шт./га, засоренность растений моркови после обработки усовершенствованным агрегатом уменьшается с 31 – 55 до 15 – 23 шт./м² (табл. 6.7).

Таблица 6.7

Густота растений моркови и засорённость при различных способах предпосевной обработки почвы

Сельскохозяйственные машины	Густота, тыс. шт./га	Засорённость, шт./м ²
УСМК-5,4 (эталон)	750–850	31–55
УСМК-5,4 У, оборудованный гибким рабочим органом	925–1050	15–23

Таким образом, после прохода агрегата УСМК-5,4 У, оборудованного гибким рабочим органом, дополнительно происходит крошение почвы, выравнивание поверхности поля, уничтожение сорняков в фазе нити и в молодом возрасте на 17 – 41% и увеличивается количество агрономически ценных фракций почвы на 25 – 65%, улучшение полевой

всхожести семян культурных растений на 15 – 35%, ускорение появления всходов на 1 – 2 суток.

Результаты исследований свидетельствуют, что использование гибкого элемента на экспериментальной почвообрабатывающей машине обеспечивает меньшее количество глыб, в 1,4 раза увеличивает количество ценных структурных частиц, уменьшает расход топлива и труда, уменьшает уровень всхожести сорняков. Уменьшается гребнистость, что улучшает равномерность скорости движения агрегата.

6.6 Влияние технологий выращивания на рост и развитие овощных культур

По результатам биометрических измерений в отчетном году на длину растений исследуемых сортов технологии выращивания не проявляли влияния. У растений сортов *Ткаченківська* (стандарт) и *Любчик* наблюдали незначительное уменьшение количества листьев (табл. 6.8).

Таблица 6.8

Влияние способов выращивания на рост и развитие растений
лука репчатого, 2012 – 2013 гг.

Технология	<i>Ткаченківська</i> (ст.)				<i>Любчик</i>				<i>Варяг</i>			
	см		шт.		см		шт.		см		шт.	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Интенсивная	37,6	42,0	5,6	7,5	37,5	45,2	5,6	9,0	37,0	51,5	5,3	9,0
Адаптивная	37,7	46,0	5,1	7,5	39,3	52,2	5,2	9,0	37,0	41,4	5,3	8,5
НІР	1,18	2,12	0,35	0,11	2,12	3,75	0,96	0,14	0,96	6,80	0,89	0,29

Урожайность товарных луковиц всех трех сортов была примерно одинаковой в соответствии с технологий выращивания. Определено существенное снижение показателя по сорту *Варяг* по адаптивной технологии, однако разница между ними незначительна (табл. 6.9).

Таблица 6.9

Урожайность лука репчатого
в зависимости от технологии выращивания в 2012 – 2013 гг., т/га

Технология	Сорт		
	<i>Ткаченківська</i> (ст.)	<i>Любчик</i>	<i>Варяг</i>

	2012	2013	сред.	2012	2013	сред.	2012	2013	сред.
Интенсивная(к.)	33,6	32,7	33,2	30,4	29,4	29,9	28,2	24,1	26,2
Адаптивная	33,0	31,1	32,0	29,6	27,9	28,8	26,2	23,8	25,0
НПР	2,1	1,4	–	1,91	1,3	–	1,45	1,3	–

При обеих технологиях выращивания не отмечено разницы между растениями моркови сорта *Оленка* по росту и развитию. Урожайность товарных корнеплодов моркови за два года исследований тоже была одинаковой: показатели адаптивной технологии уступали контрольным лишь на 3%, и разница между ними также не превышала НПР (см. табл. 6.10).

Таблица 6.10

Влияние способов выращивания на рост и развитие растений моркови сорта *Оленка*, 2012 – 2013 гг.

Технология	Биометрические измерения				Урожайность		
	2012 г.		2013 г.		2012 г.	2013 г.	средняя
	высота , см	листочков, шт	высота , см	листочков, шт	т/га	т/га	т/га
Интенсивная (к.)	36,2	6,4	25,9	6,0	26,5	28,1	27,3
Адаптивная	35,4	6,6	25,9	5,4	25,8	27,1	26,4
НПР	1,91	1,69	0,22	1,12	2,11	1,06	–

Среди изучаемых сортов свеклы столовой наивысшая урожайность получена по сорту *Дий* (стандарт) по адаптивной технологии выращивания – прибавка составляет 2,7 т / га, что превышает контрольный показатель на 7%. Сорт *Vital* и гибрид *Рицар* F₁ имели лучшие показатели урожайности по традиционной технологии, в сравнении с адаптивной снижение урожайности составило, соответственно, 9 и 14% (табл. 6.11).

Таблица 6.11

Урожайность свеклы столовой

в зависимости от технологии выращивания, т/га (2012 – 2013 гг.)

Технология	Сорт (гибрид)								
	<i>Дий</i> (стандарт)			<i>Vital</i>			<i>Рицар</i> F ₁		
	2012	2013	среднее	2012	2013	среднее	2012	2013	среднее
Интенсивная (к.)	39,7	47,8	43,8	40,4	50,3	45,4	39,4	58,6	49,0
Адаптивная	42,4	49,6	46,0	37,2	45,4	41,3	34,7	54,7	44,7
НПР	3,5	4,7	–	2,0	6,0	–	2,8	10,2	–

В 2010 – 2011 гг. в рекогносцировочных опытах лучшие результаты получены на сортообразцах капусты белокочанной позднеспелой селекции ИОБ НААН: *Celsa* X

Молдаванка – при капельной системе полива урожайность достигала 52,0 т / га, при дождевании 49,1 т / га, что на 5, 7 и 3,5 т/га больше, чем на контроле *Харківська зимова*. Образец обратной комбинации *Молдаванка X Celsa* имел низкие показатели – 40,1 т / га.

В 2012 году по адаптивной технологии выращивания отмечено снижение товарной урожайности головок в сортообразцов *Celsa X Молдаванка* на 16%, в комбинации *Столична X Ladena* на 8, и у стандартного сорта *Харківська супер* на 13% (табл. 6.12). Товарность головок во всех исследуемых сортообразцов была выше именно по исследуемой технологии. Несмотря на низкие показатели урожайности 2012 по адаптивной технологии выращивания, продукция, в основном, была лучше по качеству образцов, выращенных при интенсивной технологии (табл. 6.12). Так, сортообразец *Celsa X Молдаванка* и стандарт *Харківська супер* содержали больше сухого вещества, сахаров, особенно сахарозы, и витамина С, но стандарт содержал больше нитратов, чем у контрольного способа выращивания. Большее содержание витамина С в продукции обычно нивелирует вредное воздействие нитратов. По сортообразцу *Столична X Ladena* отмечено снижение сахаров и витамина С. По результатам анализа 2013 сортообразец *Celsa X Молдаванка* содержал меньше сухого вещества и общего сахара по разрабатываемой технологии, но больше сахарозы и витамина С. Всего за два года исследований четко определить влияние той или другой технологии выращивания на качество продукции нельзя.

Урожайность товарных плодов томата всех трех исследуемых сортов по адаптивной технологии выращивания незначительно уступала соответствующим показателям по контролю, но разница превышала значение НІР (табл. 6.13). Товарность урожая сорта *Гейзер* по обеим технологиям выращивания была на одном уровне, по сортам *Золотой поток* и *Алтей* (стандарт) отмечено снижение этого показателя на контроле (см. табл. 6.13).

Таблица 6.12

Урожайность сортообразцов и товарность

в зависимости от технологии выращивания, 2012 – 2013 гг., т/га

Технология	2012	2013	сред- нее	к конт- ролю %	Товарность, %		
					2012	2013	сред- нее
<i>Celsa X Молдаванка</i>							
Интенсивня (к)	55,1	46,7	50,9	100	86	75	80
Адаптивная	46,4	49,7	48,0	94	92	94	93
НІР	8,45	3,21	–	–	5,86	7,16	–
<i>Столична X Ladena</i>							
Интенсивная (к)	50,7	51,9	51,3	100	87	81	84

Адаптивная	46,5	44,8	45,6	89	94	92	93
НІР	4,69	6,03	–	–	5,60	5,22	–
<i>Харківська супер (стандарт)</i>							
Интенсивная (к)	41,4	37,3	39,4	100	85	69	77
Адаптивная	35,9	43,4	39,6	101	94	93	94
НІР	6,25	5,88	–	–	12,07	14,57	–

Таблица 6.13

Урожайность томата и его товарность в зависимости от технологии выращивания, т/га, (2012 – 2013 гг.)

Технология	2012	2013	сред- няя	к контро лю %	Товарность, %		
					2012	2013	сред- няя
<i>Гейзер</i>							
Интенсивная (к)	74,9	16,3	45,6	100	92,2	90,7	91,4
Адаптивная	66,9	14,5	40,7	89	92,0	91,5	91,8
НІР	4,29	1,10	–	–	2,65	0,97	–
<i>Золотой поток</i>							
Интенсивная (к)	68,7	13,8	41,2	100	90,1	90,8	90,4
Адаптивная	62,8	12,8	37,8	92	93,7	91,6	92,6
НІР	3,64	1,11	–	–	1,79	0,95	–
<i>Алтей (ст.)</i>							
Интенсивная (к)	64,0	15,1	39,6	100	78,8	93,6	86,2
Адаптивная	54,9	13,7	34,3	87	88,1	94,2	91,2
НІР	2,55	1,32	–	–	3,78	0,95	–

Определение урожайности картофеля в динамике свидетельствует про существенное уменьшение по исследуемой технологии (табл. 6.14)

Таблица 6.14

Определение урожайности картофеля в динамике

Сорт	Технология выращивания	Урожайность, т/га			
		15.06.2012	20.06.2012	25.06.2012	2.07.2012 (уборка)
<i>Карлена</i> (2012 г.)	Интенсивная	13,8	14,6	16,9	18,6
	Адаптивная	12,0	12,7	14,9	16,8
	НІР ₀₅	0,75	0,95	0,89	0,80

<i>Серпанок</i> (2013 г.)		10.06.2013	17.06.2013	25.06.2013	6.07.2013 (уборка)
	Интенсивная	6,6	14,2	18,2	24,7
	Адаптивная	5,8	12,8	16,3	19,2
	НІР ₀₅	0,64	0,91	1,02	1,16

Экспериментальные данные по определению структуры урожая картофеля на момент сбора свидетельствуют о росте товарности по адаптивной технологии, что в значительной степени обусловлено ростом средней массы клубней (табл. 6.15).

Таблица 6.15

Структура урожая картофеля раннего, 2012 – 2013 гг.

Технология выращивания	товарность урожая, %	Количество клубней на кусте, шт.		Средняя масса клубней, г	
		<i>Карлена</i>	<i>Серпанок</i>	<i>Карлена</i>	<i>Серпанок</i>
Интенсивная (к.)	97,7	4,1	7,5	67,2	58
Адаптивная	96,7	3,1	5,4	84,0	62
НІР ₀₅	–	0,89	0,73	8,72	3,26

6.7 Экономическая эффективность технологий выращивания овощных культур

Применение энергосберегающих способов обработки почвы обеспечивает снижение затрат труда на 30%, снижение расхода топлива на 15 – 20%. Ожидаемый экономический эффект минимизации составляет 150 – 280 грн./га.

Таблица 6.16

Показатели экономической эффективности использования усовершенствованной машины при предпосевной подготовке почвы

Наименование показателей	Единица измерения	Культиватор УСМК 5,4	
		серийный	усовершенствованный
Сменная норма выработки	га	21,12 – 24,82	28,32 – 33,6
Расход топлива	кг/га	7,10 – 7,30	5,68 – 5,90
Затраты труда	чел.-час./га	0,42	0,29

Заработная плата с начислениями	грн./га	3,71	2,98
---------------------------------	---------	------	------

Анализ данных табл. 6.16 показывает, что применение экспериментальной почвообрабатывающей машины при предпосевной и предпосадочной подготовке под посев поздних сельскохозяйственных культур по сравнению с проведением обработки почвы серийными культиваторами позволяет снизить расход топлива на 29%, затраты труда – на 36, себестоимость проведения работ – на 17%.

6.8 Особенности выращивания и уборки свеклы сахарной первого года с использованием постоянной колеи

Селекционеры-овощеводы последние годы создают новые высокоурожайные сорта и гибриды свеклы столовой с повышенным содержанием ценных питательных веществ, пригодные для длительного хранения. Разработанные сорта и гибриды в целях максимальной механизации при выращивании и снижении затрат ручного труда имеют необычную форму для свеклы столовой (цилиндрические, конические) и склонны к быстрому заживлению нанесенных травм при механизированной уборке и пригодны для использования как в свежем виде, так и для переработки. Созданы гибриды свеклы столовой (с однострочковыми семенами), что позволяет использовать сеялки точного высева и формировать заданную густоту размещения растений на посевной площади без затрат ручного труда. А используя уникальную коническую форму свеклы столовой сорта *Багряный*, можно полностью механизировать процесс уборки по типу свеклы сахарной (используя существующие комплексы). Поэтому, современные существующие технологии выращивания свеклы сахарной можно перенести в овощеводство для возделывания свеклы столовой используя новые сорта и гибриды.

Сущность технологии

Технология предусматривает использование машинно-тракторного комплекса (С-МТК-45), который включает: интегральный трактор ХТЗ-120/121 класса 3 т, тяжелые дисковые бороны (БДТ), ярусный плуг ПЯ-3-35 (ПНЯ-4-40) культиваторы общего назначения АРВ-8,1-01 и АРВ-8,1-02 для обработки междурядий КОЗР-8,1-01 и КОЗР-8,1-02, 18-строчную сеялку ССТ-18В и опрыскиватель ОП-2000. В комплекс также входят навесные-прицепные, ботвоуборочные машины (НГМ-2,7 и ПКМ-2,7), что позволяет рационально использовать интегральный трактор ХТЗ в течении всего вегетационного периода растений.

В процессе использования комплекса в значительной мере усовершенствованы отдельные составляющие технологий выращивания сахарной свеклы, в частности:

– зяблевую обработку почвы завершают созданием гребнистой поверхности (высота валков 8 – 10 см) с целью лучшего снегозадержания, улучшение агрофизических свойств (состав агрегата ХТЗ-121 + КОЗР-8,1-02), а также дополнительным внесением ЖКУ;

– весной за первый проход интегральный трактор типа ХТЗ-120/121 с установленными широкопрофильными шинами или сдвоенными колесами и низким давлением воздуха (до 0,5 кг/см³) выполняет четыре технологические операции: выравнивание почвы, рыхление на глубину 2 – 3 см, измельчения комочков и шлейфования почвы. Скорость движения к тому же не менее 10 – 12 км/ч., производительность за световой день 70 – 100 га. При первом проходе трактор работает с комбинированным орудием АРВ-8,1-01 или зарубежным аналогом;

– во время второго прохода выполняют четыре операции: предпосевную культивацию, измельчение комочков, ленточное внесение гербицидов и сев. Для этого спереди на трактор навешивают культиватор АРВ-81-02, за кабиной к раме крепят опрыскиватель ОМП-1200, что обеспечивает ленточное внесение гербицидов, уменьшая их потребность на 40%, сзади – навешивают 18-строчную сеялку ССТ-18В (рис.6.4).



Рис. 6.4. Общий вид машины в составе трактора ХТЗ-120/121

почвообрабатывающей машины АРВ-8,1-01, сеялки ССТ-12В и опрыскивателя ОМП-1200.

Скорость движения комбинированного агрегата составляет 6 км/ч. Производительность за световой день – 30 – 50 га. Такая технология предпосевной обработки почвы с одновременным севом способствует рациональным и в тоже время ранним срокам сева, значительно повышает полевую всхожесть (близка к уровню лабораторной), что позволяет осуществлять сев на конечную густоту;

– сошники сеялки размещают на раме по 6 шт. в трех блоках, расстояние между крайними сошниками блоков – 60 – 70 см. Перестановкой маркера ширину стыковых междурядий также увеличивают до 70 см. Таким образом, под трактором между колесами

размещается шесть рядков свеклы. При такой схеме размещения сошников создаются технологии, где трактор движется во время посева и ухода за посевами сахарной свеклы;

– при использовании такой схемы посева семян сошники сеялки не идут по следам колес трактора, сокращаются затраты времени на заезды его в междурядья. Благодаря тому, что колеса трактора при таких условиях перемещаются по расширенным с 45 до 70 см междурядьям, становится возможным увеличение скорости движения агрегата и его производительности на междурядной обработке. К тому же почти исключаются заезды колесами трактора на рядки свеклы, их «затапывание» и выдавливание, а утомляемость механизаторов значительно уменьшается;

– уход за посевами сахарной свеклы включает в себя сплошное довсходовое рыхление почвы культиватором АРВ-8,1-01, рыхление почвы в междурядьях, присыпания сорняков почвой в защитных зонах, внесение гербицидов и удобрений, для этого, трактор агрегатируют культиватором КОЗР-8,1-02 и опрыскивателем ОМП-1200 (рис. 6.5);

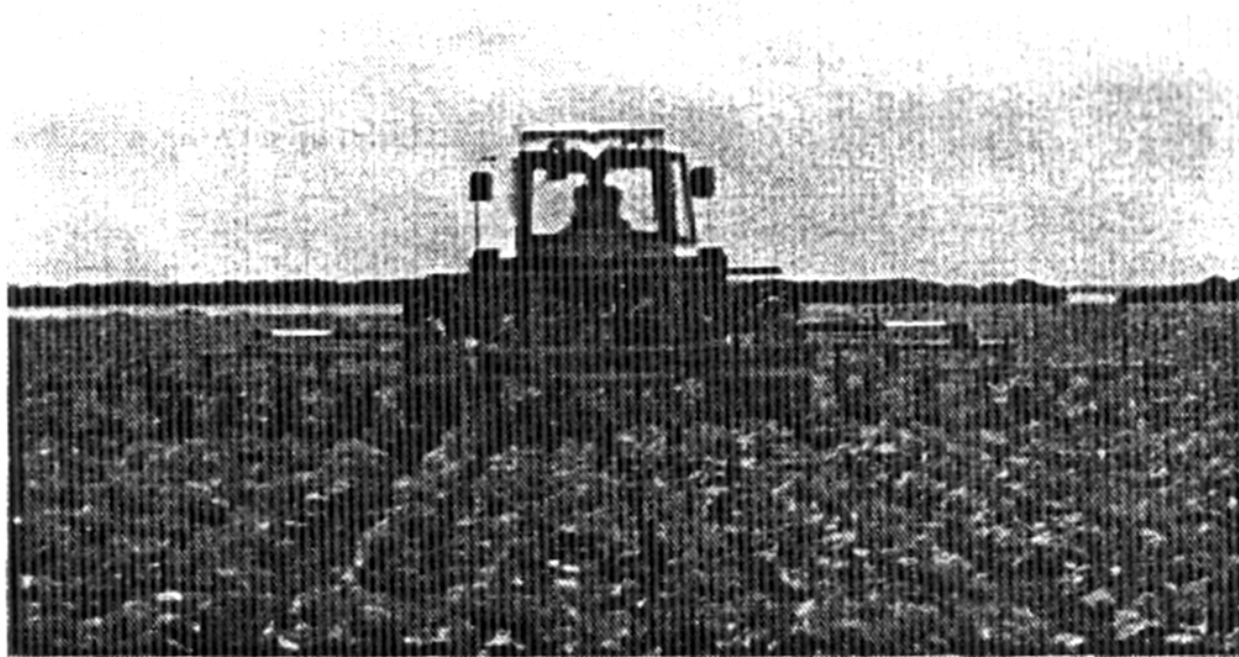


Рис. 6.5. Рыхление почвы в междурядьях

– колейная технология выращивания маточников сахарной свеклы исключает возможности использования серийной ботвоуборочной машины БМ-6Б и самоходных коренеуборочных машин и комбайнов СКК, СК-6Б, КБ-6 и СКБ-6, «Збруч».

6.9 Влияние применения технологии выращивания на физические свойства почвы

Плотность почвы. Известно, что одним из главных показателей физического состояния почвы является плотность – отношение массы твердой фазы почвы к её объему,

которая существенно влияет на ход биохимических и биологических процессов, создает определенные условия для роста и развития растений.

За годы исследований установлено, что плотность почвы базовой и колежной технологий в целом характеризовалась как благоприятная для роста и развития растений сахарной свеклы (табл. 6.17). Так, после первого прохода машины (после сева) плотность слоя почвы 0 – 10 см в базовой технологии составляла 1,12 г/см³, колежной – 1,13 г/см³, (увеличилась на 0,9%), а в слое почвы 0 – 40 см соответственно 1,14 и 1,19 г / см³ (увеличилась на 4%)

Таблица 6.17

Плотность почвы в зависимости от технологии выращивания свеклы сахарной, г/см³
(среднее за 1999 – 2001 гг.)

Срок определения	Слой почвы, см	Технологии	
		базовая	колежная
После первого прохода машины (после сева)	0–10	1,12	1,13
	10–20	1,13	1,17
	20–30	1,14	1,19
	30–40	1,19	1,16
После трех проходов (второе междурядное рыхление)	0–10	1,06	1,11
	10–20	1,17	1,22
	20–30	1,27	1,24
	30–40	1,25	1,27
Перед уборкой	0–10	1,14	1,12
	10–20	1,18	1,20
	20–30	1,25	1,28
	30–40	1,24	1,26

В процессе выращивания свеклы происходят изменения плотности при базовой и колежной технологиях. Так, после трех проходов агрегата (второе междурядное рыхление) плотность почвы уменьшилась в технологиях только в слое почвы 0 – 10 см, в других она постепенно росла. Так, в слое 20 – 30 см плотность была (1,27 г/см³) при использовании базовой технологии и меньше (1,24 г/см³) при колежной технологии, в слое почвы 30 – 40 см, плотность была большей (1,27 г/см³) при колежной технологии и (1,25 г/см³) при базовой технологии. Это объясняется проявлением элювиального процесса, в результате которого мелкие частицы почвы перемешиваются с частицами из верхних слоев, а нижние их уплотняют.

Перед сбором плотность почвы не изменилась и была в пределах 1,14 – 1,25 г/см³ при базовой технологии и 1,12 – 1,28 г/см³ при колеейной.

Таким образом, при колеейной технологии отмечена тенденция уплотнения нижней части пахотного слоя почвы, показатели которого не выходят за пределы рациональной величины.

Структурно-агрегатный состав. Одним из факторов, который существенно влияет на свойства почвы, – его структура. По данным П. Рагога, более дружные и полные всходы сахарной свеклы, полученные на почве, включали фракцию 10 – 0,25 мм, поскольку в этом случае семена лучше обеспечены влагой и питательными веществами. Масса корнеплода на почве, состоящей из агрегатов диаметром 10 – 0,25 мм, составляла 410 г, диаметром 3 – 10 мм – 338 г, сахаристость – соответственно 17,4 и 17,0%.

Наши исследования показали, что различные технологии выращивания существенно не влияют на структурный состав пахотного слоя почвы (табл. 6.18). В среднем за годы исследований содержание агрономически ценных воздушно-сухих агрегатов (10 – 0,25 мм) в слое почвы 0 – 10 см перед уборкой сахарной свеклы при базовой технологии составило 69,63%, при колеейной – 68,50, в слое почвы 0 – 40 см – соответственно 71,46 и 68,18%. Это объясняется тем, что у колес трактора (колеейная технология) выход глыбистой фракции (10 мм) в слое почвы 0 – 10 см уменьшается на 8 – 10%, а в нижних – увеличивается на 8 – 12%. Выход же фракции 10 – 0,25 мм увеличивается по сравнению с базовой технологией в среднем на 4 – 7% в слое почвы 0 – 20 см и почти не изменяется в нижних слоях.

Таблица 6.18

Структурно-агрегатный состав почвы перед уборкой в зависимости от технологии выращивания сахарной свеклы (среднее за 1999 – 2001 гг.)

Слой почвы, см	Базовая технология			Колеейная технология		
	(фракция агрегатов (мм), %)					
	10	10–0,25	0,25	10	10–0,25	0,25
0-10	22,53	69,63	7,84	27,31	68,50	4,10
10-20	32,07	62,33	5,60	35,10	61,40	3,41
20-30	22,70	72,48	4,82	35,00	62,30	2,70
30-40	23,72	71,46	4,82	28,10	68,18	3,72

Влажность почвы. В Восточной Лесостепи, одновременно с обеспечением растений питательными веществами, вода является решающим фактором выращивания высоких урожаев сахарной свеклы. Наши исследования показали, что в целом лучший режим увлажнения при выращивании сахарной свеклы создавался при колеейной технологии (табл.

б.19). Так, после посева влажность в слое почвы 0 – 10 см при колеейной технологии составила 16,48 %, базовой – 15,50 %, в слое почвы 30 – 40 см – соответственно 21,74 и 21,07 %.

После трех проходов агрегата (второе междурядное рыхление) эта закономерность сохранилась, за исключением слоя почвы 10 – 20 см, где при колеейной технологии влажность составляла 21,18%, а у базовой – 21,44 в целом же в слое почвы 30 – 40 см при колеейной технологии влажность почвы составляла 21,48%, при базовой – 18,17%.

До начала уборки сахарной свеклы произошло значительное снижение влажности в слое почвы 30 – 40 см – с 18,17 до 16,78% – при традиционной, с 21,48 до 15,47% – при колеейной технологии.

Таблица 6.19

Влажность почвы в зависимости от технологии выращивания свеклы сахарной, %
(среднее за 1999 – 2001 гг.)

Срок определения	Слой почвы, см	Технология	
		базовая	колеейная
После первого прохода агрегата (после сева)	0–10	15,50	16,48
	10–20	21,15	21,82
	20–30	22,51	21,20
	30–40	21,07	21,74
После трех проходов (второе междурядное рыхление)	0–10	16,70	17,89
	10–20	21,94	21,18
	20–30	21,26	21,55
	30–40	18,17	21,48
Перед уборкой	0–10	16,58	17,85
	10–20	16,80	17,00
	20–30	18,77	16,00
	30–40	16,78	15,47

Необходимо отметить, что перед уборкой корнеплодов при колеейной технологии влажность почвы была выше по сравнению с базовой, только в слое 10 – 20 см (17,0 и 16,8% соответственно), в следующих слоях она была, наоборот, меньше. Так, в слое 20 – 30 см при колеейной технологии она уменьшилась на 17,3%, в слое 30 – 40 см – на 8,5%. Это объясняется большим потреблением воды растениями при колеейной технологии вследствие более интенсивного роста растений в сравнении с базовой технологией.

Таким образом, колеейная технология обеспечивает более экономный водный режим при выращивании сахарной свеклы, особенно в посевном слое 0 – 20 см.

6.10 Экономическая эффективность

По результатам технико-экономической оценки колесная технология имеет ряд преимуществ. Внедрение в производство тракторов ХТЗ-120/121 и ХТЗ-160 с набором новых отечественных сельскохозяйственных машин позволяет уменьшить капиталовложения на 12,8%, прямые эксплуатационные затраты – на 39,9%, затраты труда – на 6,3%, а расход топлива почти в два раза.

Кроме того, как показали наши исследования, увеличение ширины захвата сеялок и культиваторов с 12 до 18 строк, а также тяговых характеристик трактора ХТЗ-120/121 по сравнению с пропашными тракторами класса 1,5 т (Т-70, МТЗ, ЮМЗ), обеспечило повышение производительности агрегатов на 40% и снижение расхода топлива до 30% при севе и уходе за посевами сахарной свеклы. К тому же в случае ранневесенней предпосевной обработки почвы и сева семян затраты топлива и количество нормосмен уменьшаются соответственно в 2,6 и 4,0 раза по сравнению с традиционной технологией.

Сравнительная оценка при применении базовой и колесной технологий по показателям затрат труда, прямых затрат и себестоимости продукции приведена в таблице 6.20.

Таблица 6.20

Экономическая эффективность использования колесной технологии при выращивании сахарной свеклы в расчете на 1 га посева (среднее за 1999 – 2001 гг.)

Показатель	Технология			
	базовая		колесная	
Технологический процесс: Основная обработка почвы	16,7	605,8	16,6	507,2
Предпосевная обработка почвы	2,9	271,5	1,9	211,7
Уход за посевами	3,8	334,6	2,5	223,8
Уборка сахарной свеклы	50,7	210,6	31,7	137,6
Всего	74,1	1422,5	52,7	1080,3
Урожайность корнеплодов, т/га		34,4		36,3
Затраты труда, люд. – ч./т		2,15		1,45
Себестоимость, грн./т		30,5		24,6

Анализ данных позволил сделать вывод о том, что колесная технология, основанная на применении отечественных сельскохозяйственных машин и тракторов ХТЗ-120/121 и

ХТЗ-161/163 на всех технологических операциях, является наименее трудоемкой, а по показателям прямых затрат – наиболее дешевой. Так, при уходе за посевами затраты труда по колейной технологии составляют 2,5 против 3,8 чел.- ч. / га при базовой, прямые расходы – соответственно 223,8 и 334,6 грн./га.

При уборке сахарной свеклы и транспортировке корнеплодов затраты труда с использованием колейной технологии по сравнению с традиционной, снижаются в 1,6 раза и составляют 31,7 чел.-ч./га, а количество нормо-смен – в 1,5 раза, расход топлива – в 1,54 раза, в целом же по колейной технологии затраты труда и количество нормо-смен, по сравнению с традиционной, уменьшаются в 1,4 раза, затраты горючего – в 1,24 раза.

Внедрение в производство тракторов ХТЗ-161/163 с набором новых отечественных сельскохозяйственных машин обеспечивает снижение удельных расходов с 1422,5 до 1080,3 грн./га, то есть на 342,2 грн./га. По результатам урожайности корнеплодов можно утверждать, что низкие затраты труда на 1 т корнеплодов (на 0,70 чел.-ч.) и низкую себестоимость (на 5,9 грн.) можно достичь в случае внедрения колейной технологии на базе новых отечественных универсальных машин и тракторов ХТЗ-161/163 и их использования в составе комбинированных машин.

Реальный экономический эффект от внедрения в ГП «Пархомовское» трактора ХТЗ-160 с набором новых отечественных машин при выращивании пропашных культур составил около 7000 грн., без учета повышения урожайности.

Производственный опыт хозяйств Шевченковского района Харьковской области также свидетельствует, что применение колейной технологии обеспечивает повышение производительности труда в полтора – два раза, экономию ГСМ – на 33 – 35%, а за счет улучшения агрофизических свойств почвы, своевременного и качественного выполнения всех технологических операций получают дополнительно 5 – 7 т/га корнеплодов при исходной урожайности 29 – 32 т / га.

Таким образом, из вышеизложенного материала можно сделать выводы:

- в системе мероприятий по реализации биологического потенциала современных МС гибридов сахарной свеклы значительное место занимает внедрение высокоэффективных энергосберегающих технологий, одной из которых является колейная технология производства фабричных и маточной свеклы;

- на основании исследований установлено, что колейная технология существенно не влияла на такие физические свойства почвы, как плотность и структурно-агрегатный состав. В среднем за три года отмечена тенденция к уплотнению нижней части пахотного слоя почвы, однако ее показатели не превышают пределы рациональной величины;

- выход агрегатов фракции 10 – 0,25 мм увеличивался по сравнению с традиционной технологией, на 4 – 7% в слое почвы 0 – 20 см и почти не изменялся в нижних слоях;
- в Восточной Лесостепи колейная технология обеспечивала экономный водный режим, в особенности в слое почвы 0 – 20 см. Перед сбором сахарной свеклы влажность почвы при колейной технологии составила 17,0%, традиционной – 16,8%;
- рост и развитие растений как фабричной, так и маточной сахарной свеклы в течение всего вегетационного периода при различных технологиях был неодинаков;
- при колейной технологии всходы появлялись на 3 – 4 суток раньше, а полевая всхожесть семян была на 6 – 8% выше по сравнению с традиционной;
- при колейной технологии обеспечивался рациональный стартовый рост и развитие растений: плотность всходов увеличилась на 19,7%, масса 100 корнеплодов – на 2,1%, пораженность корнеедом уменьшилась на 1,5%, а количество сорняков в период «полные всходы» – на 17,7% по сравнению с базовой технологией;
- интенсивное нарастание массы листового аппарата и корнеплодов колейной технологии (особенно в первую половину вегетации) позволило растениям гибрида *Ивановской-Веселоподольский ЧМ 84* полнее использовать благоприятные погодные условия, положительно повлияло на их производительность;
- за годы исследований продуктивность сахарной свеклы была больше при колейной технологии по сравнению с традиционной: урожайность корнеплодов повысилась на 19 ц/га, сахаристость – на 0,8%, сбор сахара на 5,3 ц / га;
- при выращивании маточников при полевой технологии формируется более оптимальный агрофитоценоз, что обеспечивает увеличение всходов маточников массой 50 – 600 г на 7 – 9% по сравнению с традиционной технологией;
- колейная технология (основанная на применении отечественных сельскохозяйственных машин и тракторов ХТЗ-120/121 и ХТЗ-160) в технологических операциях является наименее трудоемкой, а по показателям прямых затрат – имеющей наименьшую стоимость: затраты труда на 1 т корнеплодов составляют 1,45 чел.-час., при базовой – 2,15 чел.-час.), а себестоимость корнеплодов – 24,6 грн. (при базовой – 30,5 грн.);
- адаптированная к естественным почвенно-климатическим и агроэкологическим условиям энергосберегающая технология производства фабричной и маточной сахарной свеклы на основе интегральных тракторов ХТЗ-120/121 (ХТЗ-161/163) класса 3 т имеет предпосылки к широкому внедрению в производство.

Выводы

1. Разработанная система энергосберегающей обработки почвы, которая включает (в зависимости от культуры севооборота) замену вспашки минимизированными способами на 62 % не приводит к снижению урожайности основных овощных культур (лука репчатого, моркови, томата, капусты белокочанной, свеклы столовой, картофеля раннего) по сравнению с интенсивной (контроль), не снижает качественные показатели овощной продукции.

2. Новые рабочие органы для полосовой обработки почвы обеспечивают высокое качество обработки за счет формирования в семенном подслое ценной агрономической структуры из фракций от 0,25 до 10 мм, а с надсеменного подслоя удаляют фракции более 10 мм.

3. Применение новых рабочих органов к культиватору УСМК-5,4 для сплошной и полосовой обработки почвы способствует увеличению агрономически ценной фракции на 25 – 65 %; уничтожению сорняков в фазе нити и молодом возрасте на 17 – 41 %; повышению полевой всхожести семян культурных растений на 15 – 35 %.

4. Система энергосберегающей минимизированной обработки почвы (включающая в зависимости от культуры севооборота замену вспашки на 30 % безотвальной технологией) приводит к снижению плотности почвы до 1,13 г/см³ в слое 0 – 10 см; 1,08 в слое 10 – 20 см и 1,24 г/см³ в слое 20 – 30 см; при поверхностной обработке соответственно 1,16, 1,30 и 1,26 г/см³ (на контроле 1,36, 1,47 и 1,57 г/см³).

5. Расходы топлива снижаются на 25 – 30% при безотвальной обработке, на 40 – 50% – чем при поверхностной. Ожидаемый экономический эффект минимизации – 150 – 280 грн./га.

6. В посевах моркови отмечена тенденция к снижению плотности почвы с 1,32, 1,26 и 1,39 на контроле (вспашка) до 1,30, 1,25 и 1,38 г/см³ при безотвальной обработке, а при лущении почвы соответственно 1,31, 1,24 и 1,40 г/см³. Урожайность лука сорта *Ткаченківська* при полосовой обработке составляла 36,6 т/га, на фоне безотвальной обработки 33,4 и на фоне вспашки 31,8 т/га. Отмечено снижение товарности урожая, в соответствии с вышеуказанными фонами с 98 до 96 и 95 %.

«Внедрение в производство приставки ППС-5,4 с комбинированной машиной позволяет повысить производительность до 25,4 га при расходе топлива 8,83 кг/га.»

А.В. Ульяновченко

ГЛАВА 7

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАШИН ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ИХ В ПРОИЗВОДСТВО

В результате проведения теоретических и экспериментальных исследований разработана экономика машины АПП-6, АПП-6 с ленточным посевом, «Мелания», «Грейт Плэйнз», приставка ППС-5,4. Полевые сравнительные испытания перечисленных машин показали определения экономической эффективности результатов исследований на 100 га табл. 7.1

Таблица 7.1.

Исходные данные для определения экономической эффективности результатов исследований

№ п/п	Показатели	АПП-6	«Мелания»	«Грейт Плэйнз»	Приставка ППС-5,4
1.	Амортизационные отчисления, тыс. грн.	33,0	22,5	75,0	8,1
2.	Отчисления на ремонт и ТО, тыс. грн.	27,3	18,6	62,0	6,7
3.	Стоимость дизельного топлива, грн./т	20000	20000	20000	20000
4.	Стоимость машины, тыс. грн.	220	150	500	54
5.	Нормативная годовая загрузка, га	500	300	300	300

*Цены считать по курсу доллара 25 грн.

Таблица 7.2

Технико-экономические показатели работы машин

№ п/п	Показатели	МТЗ-80 +СЗ-5,4	АПП-6	«Мелания»	«Грейт Плэйнз»	Приставка ППС-5,4
1.	Затраты труда на механизированные работы, чел.-час/га	1,31	0,85	0,73	1,43	0,55
2.	Затраты дизельного топлива, кг/га	5,33	6,76	9,1	11,21	8,83
3.	Нормативная годовая загрузка, га	10,7	16,4	19,2	9,8	25,4

Таблица 7.3

Технико-экономические показатели работы АПП-6

№ п/п	Показатели	Традиционная сеялка МТЗ-80+СЗ-5,4	АПП-6
1.	Затраты труда на механизированные работы, чел.-час/га	1,31	0,85
2.	Затраты дизельного топлива, кг/га	5,33	6,76
3.	Нормативная годовая загрузка, га	10,7	16,4

Таблица 7.4

Технико-экономические показатели работы «Мелания»

№ п/п	Показатели	Традиционная сеялка МТЗ-80+СЗ-5,4	«Мелания»
1.	Затраты труда на механизированные работы, чел.-час/га	1,31	0,73
2.	Затраты дизельного топлива, кг/га	5,33	9,1
3.	Нормативная годовая загрузка, га	10,7	19,2

Таблица 7.5

Технико-экономические показатели работы «Грейт Плэйнз»

№ п/п	Показатели	Традиционная сеялка МТЗ-80+СЗ-5,4	«Грейт Плэйнз»
1.	Затраты труда на механизированные работы, чел.-час/га	1,31	1,43
2.	Затраты дизельного топлива, кг/га	5,33	11,21
3.	Нормативная годовая загрузка, га	10,7	9,8

Таблица 7.6

Технико-экономические показатели работы приставки ППС-5,4

№ п/п	Показатели	Традиционная сеялка МТЗ-80+СЗ-5,4	Приставка ППС-5,4
1.	Затраты труда на механизированные работы, чел.-час/га	1,31	0,55
2.	Затраты дизельного топлива, кг/га	5,33	8,83
3.	Нормативная годовая загрузка, га	10,7	25,4

Самая экономичная по расходу топлива МТЗ-80+СЗ-5,4 – 5,33 кг/га; ХТЗ-170+АПП-6 – 6,76 кг/га; ХТЗ-170+ППС-5,4 – 8,83 кг/га; ХТЗ-170+ «Мелания» – 9,1 кг/га; ХТЗ-170+«Грейт Плэйнз» – 11,21 кг/га.

Нормативная годовая загрузка наибольшая у комбинированной машины ХТЗ-170+ППС-5,4 – 25,4 га; ХТЗ-170+«Мелания» – 19,2 га; ХТЗ-170+АПП-6 – 16,4 га; МТЗ-80+СЗ-5,4 – 10,7 га; ХТЗ-170+«Грейт Плэйнз» – 9,8 га.

Технологическая карта при культуре – ячмень яровой; площадь поля – 100 га; технология – интенсивная.

Таблица 7.7

Ресурсы к технологической карте для поля

№ п/п	Тип	Наименование	Норма, т/га	Стоимость, грн./т	Стоимость всего, тыс.
1.	Семена	Яровой ячмень	0,25	7	1,75
2.	Минеральные удобрения	Суперфосфат	0,05	3,5	0,18
3.	Минеральные удобрения	Нитроаммофоска	0,2	6	1,20
4.	Протравливатель	Витакс 200 Ф.Ф.В.С.К.	0,0025	12	0,03
5.	Гербициды	Диален суперп в.р.к.	0,0005	126	0,06
6.	Основная продукция	Зерно	4,2	2,6	10,92
7.	Вода		0,2	0,003	0,00

Выводы

Внедрение в производство приставки ППС-5,4 с комбинированной машиной позволяет повысить производительность до 25,4 га при расходе топлива 8,83 кг/га и затратах труда на уровне 0,55 чел.-час/га, производительность машины позволяет уменьшить сроки при севе ячменя ярового.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

В книге решена важная научная и практическая проблема повышения эффективности возделывания зерновых культур путём развития теории процесса взаимодействия с почвой клина, динамики функционирования средств механизации с исследованиями их на устойчивость движения.

1. В условиях Лесостепи Украины технологии способы обработки почвы сегодня в основном базируются на выполнении относительно большого количества операций, что способствует увеличению расхода энергии и снижению плодородия почвы. Кроме того, при обработке почвы традиционными машинами и орудиями не обеспечивается создание наиболее благоприятных условий для прорастания семян и развития растений. Решение проблемы снижения затрат энергии на обработку почвы и сохранение её плодородия под зерновые культуры может быть осуществлено путём использования комбинированных машин и сеялок прямого сева.

Известные комбинированные машины, предназначенные для выполнения всего комплекса работ по подготовке почвы к севу за один проход агрегата, из-за высокой металлоёмкости и энергоёмкости, низкой технологической и технической надёжности не нашли широкого применения в производстве.

Сеялки прямого сева западного производства и отечественные их аналоги имеют высокую цену, низкую приспособленность к различным природно-климатическим условиям и современным технологиям. Поэтому они не получили широкого применения на практике.

2. Установлено, что процесс крошения почвы путём отрыва или сдвига определяется физико-механическими свойствами почвы, углом крошения и глубиной обработки. На малых глубинах обработки почвы до 0,05 м преобладающим видом деформации является сдвиг, а с увеличением глубины – отрыв.

Величина угла скалывания практически не зависит от угла крошения клином и (в основном) определяется глубиной его хода. С увеличением глубины хода клина угол скалывания возрастает.

Рациональное значение угла крошения почвы в зависимости от её свойств, сроков и глубины обработки можно обосновать с помощью полученной математической модели, составленной на основании гипотезы об отделении клином пласта связной почвы путём её изгиба.

3. Анализ исследований динамики функционирования машинных агрегатов показал, что результаты, полученные при проведении таких исследований, не всегда соответствуют необходимой степени их адекватности реальным условиям. Это объясняется сложностью процессов взаимодействия агрегатов с внешней средой, которые имеют вероятностный

характер и не являются стационарными. Поэтому одним из важнейших направлений в обосновании рациональных параметров технологических процессов и машинных агрегатов, обеспечивающих увеличение скорости движения и ширины их захвата, являются исследования на изыскание повышения устойчивости их движения.

Исследование дисковой системы с прикатывающим катком на устойчивость движения и сравнение полученных результатов с результатами решения дифференциального уравнения показали их совпадение для таких факторов как длина поводка, место крепления пружины с нажимной штангой и скорость движения. Рациональное значение жёсткости пружины возросло с 1200 до 1650 Н/м, начального угла наклона поводка с 80 до 85° и массы сошника с 4 до 6 кг.

4. Установлено, что результаты решения системы дифференциальных уравнений, которые описывают динамику функционирования сеялки прямого сева, и исследования их на устойчивость движения системы не совпадают как по характеру влияния параметров в системе на параметр оптимизации, так и по величине.

5. Образование структуры почвы в семенном слое с более 60 % содержанием агрономически ценных комочков, снижение количества комков размером более 20 мм в 2,5 раза, а также улучшение коэффициента структурности почвы примерно в 1,9 раза обеспечивается почвообрабатывающей приставкой с волнистыми дисками к серийной сеялке типа СЗ-5,4-06.

6. Практика решения систем дифференциальных уравнений, описывающих динамику функционирования сельскохозяйственных машин и агрегатов в целом, показала, что они могут решаться только численным методом и само решение можно получить крайне редко. Это объясняется тем, что в заданиях земледельческой механики, как правило, решается обратная задача, в которой задаются силы, действующие на механическую систему, а определяется закон движения последней. Поэтому дифференциальное уравнение или их система решается только в том случае, если в начальный момент её движения силы, действующие на неё, будут находиться в равновесии.

7. В связи с наличием в машинных агрегатах управляющих механизмов и сравнительно небольшими значениями внешних возмущающих воздействий по отношению массы энергосредства, то исследование дифференциальных уравнений целесообразно проводить на асимптотическую устойчивость. Для построения функций возмущенного движения может использоваться второй метод Ляпунова. Исследование функций возмущённого и невозмущённого движения позволяет составить дифференциальное уравнение или их систему возмущения, решение которых и позволяет провести исследования на устойчивость механических систем.

8. Анализ результатов исследований математической модели динамики функционирования комбинированной почвообрабатывающей машины показал, что замена жёсткой рамы на шарнирно соединенную обеспечила снижение её энергоёмкости более чем на 30 %.

9. При использовании сеялки прямого сева АПП-6 с ленточным посевом улучшаются физико-механические свойства почвы, которые являются важным фактором для повышения урожайности яровых колосовых.

На основании полученных данных целесообразно рекомендовать производству использование сеялки прямого сева (с ленточным распределением семян) – в зоне Лесостепи Украины.

10. В результате обработки данных полевых исследований сеялки прямого сева «Мелания» неравномерность распределения семян по ширине захвата сеялки составляет 9 %; равномерность распределения по ширине захвата лапы составляет – 6,7 %; распределение семян по ходу посевного агрегата составляет – 1,2 %; отклонение глубины заделки семян по ширине захвата лапы составляет – 9,5 %; отклонение глубины заделки семян по ходу движения лапы сошника составляет – 5,3 %.

11. Сеялка прямого сева «Грейт Плэйнз» влияет на сохранение влаги в слое почвы 0 – 40 см в начале вегетации растений, что имеет решающее значение для роста и развития растений.

Наибольшая полевая всхожесть семян была в вариантах опыта с использованием сеялки. В этих вариантах всходы были получены более дружными. Достоверность данных составила 95 %. Статистическая обработка данных показывает, что наибольшее влияние на твердость почвы оказывает глубина, доля которой составила 96 %.

12. На основании результатов качественных показателей работы посевного агрегата, внедрение в производство приставки ППС-5,4 к зерновой сеялке СЗ-5,4-06 для агрегатирования с тракторами класса тяги 3 является целесообразным.

13. Внедрение в производство приставки ППС-5,4 с комбинированной машиной позволяет повысить производительность до 25,4 га при расходе топлива 8,83 кг/га и затратах труда на уровне 0,55 чел.-час/га, производительность машины позволяет уменьшить сроки при севе ячменя ярового.

14. Результаты исследований переданы в ОАО «Галещина машзавод» для модернизации серийной машины «Мелания», которая прошла производственные испытания.

Результаты исследований сеялки прямого сева АПП-6 переданы на ОАО «Фрегат».

Результаты исследований приставки ППС-5,4 переданы на «УПЕК».

Результаты исследований сеялки СЗ-5,4-06 поставлены на производство ОАО «Красная Звезда».

Разработан трактор, который прошел производственные испытания (марка ХТЗ).

15. Разработана система энергосберегающей обработки почвы, которая включает (в зависимости от культуры севооборота) замену вспашки минимизированными способами на 62 % не приводит к снижению урожайности основных овощных культур.

<p>3-х ФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ</p>
<p>ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ</p>

P153-2.DO2

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ				
ФАКТОР В		ФАКТОР-С		
А		1	2	
1	1	12.833	14.800	13.817
	2	14.533	17.867	16.200
2		13.683	16.333	15.008
	1	20.733	20.333	20.533
	2	21.033	20.367	20.700
3		20.883	20.350	20.617
	1	13.340	16.137	14.738
	2	15.580	16.997	16.288
CP		14.460	16.567	15.513
	1	15.636	17.090	16.363
	2	17.049	18.410	17.729
*****		16.342	17.750	17.046

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ	91.98
ПОВТОРЕНИЯ	1.96
СЛУЧАЙНЫЕ	6.06
A-ФАКТОР	72.41
B-ФАКТОР	5.27
C-ФАКТОР	5.59
AB-ВЗАИМОД.	2.36
AC-ВЗАИМОД.	5.45
BC-ВЗАИМОД.	0.01
ABC-ВЗАИМОД.	0.90

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	26.678	11	30.36	2.26
Z-ОСТАТОК	0.879	22		
P-ФАКТОР	3.125	2	3.56	3.44
A-ФАКТОР	115.506	2	131.44	3.44
B-ФАКТОР	16.811	1	19.13	4.30
C-ФАКТОР	17.838	1	20.30	4.30
AB-ФАКТОР	3.760	2	4.28	3.44
AC-ФАКТОР	8.698	2	9.90	3.44
BC-ФАКТОР	0.019	1	0.02	4.30
ABC-ВЗАИМ.	1.432	2	1.63	3.44

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ		
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	:	17.046
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	:	0.937
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	:	0.541
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ ,%	:	3.175
<hr/>		
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	:	0.765
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	:	1.584
<hr/>		
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	:	0.383
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	:	0.792
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	:	0.312
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	:	0.647
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	:	0.312
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	:	0.647
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AB)	:	0.915
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AC)	:	1.120
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(BC)	:	1.120

ФАКТОР ВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(1 , 22)= 1.396 t(22)= 1.182 t75/t95= 0.570

80% Ft(1 , 22)= 1.746 t(22)= 1.321 t80/t95= 0.637

85% Ft(1 , 22)= 2.225 t(22)= 1.492 t85/t95= 0.719

90% Ft(1 , 22)= 2.948 t(22)= 1.717 t90/t95= 0.828

95% Ft(1 , 22)= 4.301 t(22)= 2.074 t95/t95= 1.000

99% Ft(1 , 22)= 7.946 t(22)= 2.819 t99/t95= 1.359

ФАКТОР АВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 22)= 1.478 t(22)= 1.182 t75/t95= 0.570

80% Ft(2 , 22)= 1.733 t(22)= 1.321 t80/t95= 0.637

85% Ft(2 , 22)= 2.070 t(22)= 1.492 t85/t95= 0.719

90% Ft(2 , 22)= 2.561 t(22)= 1.717 t90/t95= 0.828

95% Ft(2 , 22)= 3.444 t(22)= 2.074 t95/t95= 1.000

99% Ft(2 , 22)= 5.719 t(22)= 2.819 t99/t95= 1.359

3-х ФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ	
ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ	

P23-2.D03

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ					
ФАКТОР А	ФАКТОР В	ФАКТОР-С			
		1	2	3	
1	1	8.333	11.100	8.800	9.411
	2	4.900	6.267	6.667	5.944
		6.617	8.683	7.733	7.678
2	1	15.433	16.200	15.933	15.856
	2	14.833	11.333	12.900	13.022
		15.133	13.767	14.417	14.439
3	1	13.700	12.400	10.967	12.356
	2	11.800	11.733	11.567	11.700
		12.750	12.067	11.267	12.028
ср	1	12.489	13.233	11.900	12.541
	2	10.511	9.778	10.378	10.222
*****		11.500	11.506	11.139	11.381

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ	92.37
ПОВТОРЕНИЯ	2.50
СЛУЧАЙНЫЕ	5.13
A-ФАКТОР	69.25
B-ФАКТОР	11.89
C-ФАКТОР	0.26
AB-ВЗАИМОД.	3.21
AC-ВЗАИМОД.	3.85
BC-ВЗАИМОД.	1.51
ABC-ВЗАИМОД.	2.41

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	33.164	17	36.00	1.84
Z-ОСТАТОК	0.921	34		
P-ФАКТОР	7.632	2	8.29	3.23
A-ФАКТОР	211.345	2	229.42	3.23
B-ФАКТОР	72.568	1	78.77	4.08
C-ФАКТОР	0.793	2	0.86	3.23
AB-ФАКТОР	9.785	2	10.62	3.23
AC-ФАКТОР	5.869	4	6.37	2.61
BC-ФАКТОР	4.598	2	4.99	3.23
ABC-ВЗАИМ.	3.676	4	3.99	2.61

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ	
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	: 11.381
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	: 0.960
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	: 0.554
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ , %	: 4.869
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	: 0.784
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	: 1.567
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	: 0.320
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	: 0.640
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	: 0.261
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	: 0.522
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	: 0.320
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	: 0.640
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AB)	: 0.905
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AC)	: 1.108
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(BC)	: 0.905

ФАКТОР C F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 34)= 1.436 t(34)= 1.168 t75/t95= 0.577
80% Ft(2 , 34)= 1.676 t(34)= 1.304 t80/t95= 0.644
85% Ft(2 , 34)= 1.990 t(34)= 1.470 t85/t95= 0.726
90% Ft(2 , 34)= 2.440 t(34)= 1.686 t90/t95= 0.833
95% Ft(2 , 34)= 3.232 t(34)= 2.024 t95/t95= 1.000
99% Ft(2 , 34)= 5.178 t(34)= 2.711 t99/t95= 1.339

3-х ФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ
ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ

P23-2.D04

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ						
ФАКТОР В		ФАКТОР-С				
А		1	2	3	4	
1	1	20.833	20.733	21.033	20.300	20.725
	2	20.800	20.100	19.733	20.567	20.300
2		20.817	20.417	20.383	20.433	20.512
	1	20.933	20.467	19.833	20.533	20.442
	2	21.000	20.900	20.700	20.600	20.800
3		20.967	20.683	20.267	20.567	20.621
	1	21.300	21.867	20.533	20.933	21.158
	2	20.333	20.767	20.000	20.433	20.383
CP		20.817	21.317	20.267	20.683	20.771
	1	21.022	21.022	20.467	20.589	20.775
	2	20.711	20.589	20.144	20.533	20.494
*****		20.867	20.806	20.306	20.561	20.635

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ ПОВТОРЕНИЯ	37.57
СЛУЧАЙНЫЕ	4.04
	58.39
A-ФАКТОР	1.99
B-ФАКТОР	3.51
C-ФАКТОР	8.79
AB-ВЗАИМОД.	10.04
AC-ВЗАИМОД.	5.21
BC-ВЗАИМОД.	0.86
ABC-ВЗАИМОД.	7.16

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	0.657	23	1.29	1.74
Z-ОСТАТОК	0.511	46		
P-ФАКТОР	0.813	2	1.59	3.18
A-ФАКТОР	0.401	2	0.79	3.18
B-ФАКТОР	1.414	1	2.77	4.03
C-ФАКТОР	1.180	3	2.31	2.79
AB-ФАКТОР	2.021	2	3.96	3.18
AC-ФАКТОР	0.349	6	0.68	2.29
BC-ФАКТОР	0.116	3	0.23	2.79
ABC-ВЗАИМ.	0.480	6	0.94	2.29

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ		
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	:	20.635
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	:	0.715
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	:	0.413
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ , %	:	2.000
<hr/>		
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	:	0.584
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	:	1.167
<hr/>		
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	:	0.206
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	:	0.413
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	:	0.168
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	:	0.337
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	:	0.238
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	:	0.476
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AB)	:	0.674
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AC)	:	0.825
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(BC)	:	0.584

ФАКТОР V F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(23, 46) = 1.248 t(46) = 1.166 t75/t95 = 0.578
 80% Ft(23, 46) = 1.322 t(46) = 1.301 t80/t95 = 0.646
 85% Ft(23, 46) = 1.413 t(46) = 1.465 t85/t95 = 0.727
 90% Ft(23, 46) = 1.536 t(46) = 1.680 t90/t95 = 0.834
 95% Ft(23, 46) = 1.737 t(46) = 2.015 t95/t95 = 1.000
 99% Ft(23, 46) = 2.184 t(46) = 2.691 t99/t95 = 1.336

ФАКТОР P F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2, 46) = 1.426 t(46) = 1.166 t75/t95 = 0.578
 80% Ft(2, 46) = 1.662 t(46) = 1.301 t80/t95 = 0.646
 85% Ft(2, 46) = 1.971 t(46) = 1.465 t85/t95 = 0.727
 90% Ft(2, 46) = 2.412 t(46) = 1.680 t90/t95 = 0.834
 95% Ft(2, 46) = 3.182 t(46) = 2.015 t95/t95 = 1.000
 99% Ft(2, 46) = 5.056 t(46) = 2.691 t99/t95 = 1.336

ФАКТОР A F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2, 46) = 1.426 t(46) = 1.166 t75/t95 = 0.578
 80% Ft(2, 46) = 1.662 t(46) = 1.301 t80/t95 = 0.646
 85% Ft(2, 46) = 1.971 t(46) = 1.465 t85/t95 = 0.727
 90% Ft(2, 46) = 2.412 t(46) = 1.680 t90/t95 = 0.834
 95% Ft(2, 46) = 3.182 t(46) = 2.015 t95/t95 = 1.000
 99% Ft(2, 46) = 5.056 t(46) = 2.691 t99/t95 = 1.336

ФАКТОР B F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(1, 46) = 1.354 t(46) = 1.166 t75/t95 = 0.578
 80% Ft(1, 46) = 1.686 t(46) = 1.301 t80/t95 = 0.646
 85% Ft(1, 46) = 2.138 t(46) = 1.465 t85/t95 = 0.727
 90% Ft(1, 46) = 2.808 t(46) = 1.680 t90/t95 = 0.834
 95% Ft(1, 46) = 4.034 t(46) = 2.015 t95/t95 = 1.000
 99% Ft(1, 46) = 7.170 t(46) = 2.691 t99/t95 = 1.336

ФАКТОР C F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(3, 46) = 1.413 t(46) = 1.166 t75/t95 = 0.578
 80% Ft(3, 46) = 1.605 t(46) = 1.301 t80/t95 = 0.646
 85% Ft(3, 46) = 1.851 t(46) = 1.465 t85/t95 = 0.727
 90% Ft(3, 46) = 2.197 t(46) = 1.680 t90/t95 = 0.834
 95% Ft(3, 46) = 2.790 t(46) = 2.015 t95/t95 = 1.000
 99% Ft(3, 46) = 4.199 t(46) = 2.691 t99/t95 = 1.336

ФАКТОР AC F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(6, 46) = 1.358 t(46) = 1.166 t75/t95 = 0.578
 80% Ft(6, 46) = 1.492 t(46) = 1.301 t80/t95 = 0.646
 85% Ft(6, 46) = 1.662 t(46) = 1.465 t85/t95 = 0.727
 90% Ft(6, 46) = 1.896 t(46) = 1.680 t90/t95 = 0.834
 95% Ft(6, 46) = 2.286 t(46) = 2.015 t95/t95 = 1.000
 99% Ft(6, 46) = 3.186 t(46) = 2.691 t99/t95 = 1.336

ФАКТОР BC F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(3 , 46)= 1.413 t(46)= 1.166 t75/t95= 0.578
 80% Ft(3 , 46)= 1.605 t(46)= 1.301 t80/t95= 0.646
 85% Ft(3 , 46)= 1.851 t(46)= 1.465 t85/t95= 0.727
 90% Ft(3 , 46)= 2.197 t(46)= 1.680 t90/t95= 0.834
 95% Ft(3 , 46)= 2.790 t(46)= 2.015 t95/t95= 1.000
 99% Ft(3 , 46)= 4.199 t(46)= 2.691 t99/t95= 1.336

ФАКТОР АВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(6 , 46)= 1.358 t(46)= 1.166 t75/t95= 0.578
 80% Ft(6 , 46)= 1.492 t(46)= 1.301 t80/t95= 0.646
 85% Ft(6 , 46)= 1.662 t(46)= 1.465 t85/t95= 0.727
 90% Ft(6 , 46)= 1.896 t(46)= 1.680 t90/t95= 0.834
 95% Ft(6 , 46)= 2.286 t(46)= 2.015 t95/t95= 1.000
 99% Ft(6 , 46)= 3.186 t(46)= 2.691 t99/t95= 1.336

3-х ФАКТОРНЫЙ	
ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ	
ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ	

P24V3-2.DO4

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ						
А	ФАКТОР В	ФАКТОР-С				
		1	2	3	4	
1	1	1.193	1.190	1.197	1.233	1.203
	2	1.270	1.247	1.297	1.287	1.275
		1.232	1.218	1.247	1.260	1.239
2	1	1.093	1.123	1.110	1.147	1.118
	2	1.237	1.253	1.247	1.240	1.244
		1.165	1.188	1.178	1.193	1.181
3	1	1.097	1.073	1.143	1.083	1.099
	2	1.297	1.247	1.250	1.273	1.267
		1.197	1.160	1.197	1.178	1.183
ср	1	1.128	1.129	1.150	1.154	1.140
	2	1.268	1.249	1.264	1.267	1.262
*****		1.198	1.189	1.207	1.211	1.201

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ ПОВТОРЕНИЯ СЛУЧАЙНЫЕ	47.87 17.02 35.11
A-ФАКТОР	6.70
B-ФАКТОР	34.21
C-ФАКТОР	0.67
AB-ВЗАИМОД.	3.56
AC-ВЗАИМОД.	1.16
BC-ВЗАИМОД.	0.28
ABC-ВЗАИМОД.	1.30

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	0.016	23	2.73	1.74
Z-ОСТАТОК	0.006	46		
P-ФАКТОР	0.066	2	11.15	3.18
A-ФАКТОР	0.026	2	4.39	3.18
B-ФАКТОР	0.266	1	44.82	4.03
C-ФАКТОР	0.002	3	0.29	2.79
AB-ФАКТОР	0.014	2	2.33	3.18
AC-ФАКТОР	0.002	6	0.25	2.29
BC-ФАКТОР	0.001	3	0.12	2.79
ABC-ВЗАИМ.	0.002	6	0.28	2.29

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ	
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	: 1.201
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	: 0.077
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	: 0.045
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ ,%	: 3.706
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	: 0.063
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	: 0.126
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	: 0.022
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	: 0.045
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	: 0.018
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	: 0.036
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	: 0.026
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	: 0.051
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AB)	: 0.073
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AC)	: 0.089
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(BC)	: 0.063

ФАКТОР С F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(3 , 46)= 1.413 t(46)= 1.166 t75/t95= 0.578
80% Ft(3 , 46)= 1.605 t(46)= 1.301 t80/t95= 0.646
85% Ft(3 , 46)= 1.851 t(46)= 1.465 t85/t95= 0.727
90% Ft(3 , 46)= 2.197 t(46)= 1.680 t90/t95= 0.834
95% Ft(3 , 46)= 2.790 t(46)= 2.015 t95/t95= 1.000
99% Ft(3 , 46)= 4.199 t(46)= 2.691 t99/t95= 1.336

ФАКТОР АВ F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 46)= 1.426 t(46)= 1.166 t75/t95= 0.578
80% Ft(2 , 46)= 1.662 t(46)= 1.301 t80/t95= 0.646
85% Ft(2 , 46)= 1.971 t(46)= 1.465 t85/t95= 0.727
90% Ft(2 , 46)= 2.412 t(46)= 1.680 t90/t95= 0.834
95% Ft(2 , 46)= 3.182 t(46)= 2.015 t95/t95= 1.000
99% Ft(2 , 46)= 5.056 t(46)= 2.691 t99/t95= 1.336

ФАКТОР АС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(6 , 46)= 1.358 t(46)= 1.166 t75/t95= 0.578
80% Ft(6 , 46)= 1.492 t(46)= 1.301 t80/t95= 0.646
85% Ft(6 , 46)= 1.662 t(46)= 1.465 t85/t95= 0.727
90% Ft(6 , 46)= 1.896 t(46)= 1.680 t90/t95= 0.834
95% Ft(6 , 46)= 2.286 t(46)= 2.015 t95/t95= 1.000
99% Ft(6 , 46)= 3.186 t(46)= 2.691 t99/t95= 1.336

ФАКТОР ВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(3 , 46)= 1.413 t(46)= 1.166 t75/t95= 0.578
80% Ft(3 , 46)= 1.605 t(46)= 1.301 t80/t95= 0.646
85% Ft(3 , 46)= 1.851 t(46)= 1.465 t85/t95= 0.727

90% Ft(3 , 46)= 2.197 t(46)= 1.680 t90/t95= 0.834
 95% Ft(3 , 46)= 2.790 t(46)= 2.015 t95/t95= 1.000
 99% Ft(3 , 46)= 4.199 t(46)= 2.691 t99/t95= 1.336
 ФАКТОР АВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(6 , 46)= 1.358 t(46)= 1.166 t75/t95= 0.578
 80% Ft(6 , 46)= 1.492 t(46)= 1.301 t80/t95= 0.646
 85% Ft(6 , 46)= 1.662 t(46)= 1.465 t85/t95= 0.727
 90% Ft(6 , 46)= 1.896 t(46)= 1.680 t90/t95= 0.834
 95% Ft(6 , 46)= 2.286 t(46)= 2.015 t95/t95= 1.000
 99% Ft(6 , 46)= 3.186 t(46)= 2.691 t99/t95= 1.336

3-х ФАКТОРНЫЙ Д И С П Е Р С И О Н Н Ы Й А Н А Л И З
ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ

Р31V3-3.DO2

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ				
ФАКТОР А	В	ФАКТОР-С		
		1	2	3
1	1	1.145	1.173	1.159
	2	1.305	1.106	1.206
	3	1.185	1.219	1.202
2	1	1.212	1.166	1.189
	2	1.210	1.332	1.271
	2	1.154	1.283	1.219
	3	1.104	1.288	1.196
3	1	1.156	1.301	1.229
	1	1.210	1.305	1.257
	2	1.165	1.260	1.212
	3	1.125	1.205	1.165
ср	1	1.167	1.257	1.212
	1	1.188	1.270	1.229
	2	1.208	1.217	1.212
	3	1.138	1.237	1.188
*****		1.178	1.241	1.210

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ ПОВТОРЕНИЯ СЛУЧАЙНЫЕ	69.95 12.22 17.83
А-ФАКТОР В-ФАКТОР С-ФАКТОР АВ-ВЗАИМОД. АС-ВЗАИМОД. ВС-ВЗАИМОД. АВС-ВЗАИМОД.	3.81 4.17 14.35 9.54 23.19 5.51 9.39

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	0.010	17	3.92	2.23
Z-ОСТАТОК	0.003	17		
P-ФАКТОР	0.031	1	11.65	4.45
A-ФАКТОР	0.005	2	1.82	3.59
B-ФАКТОР	0.005	2	1.99	3.59
C-ФАКТОР	0.036	1	13.68	4.45
AB-ФАКТОР	0.006	4	2.28	2.96
AC-ФАКТОР	0.029	2	11.06	3.59
BC-ФАКТОР	0.007	2	2.63	3.59
ABC-ВЗАИМ.	0.006	4	2.24	2.96

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ	
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	: 1.210
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	: 0.051
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	: 0.036
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ , %	: 3.002
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	: 0.051
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	: 0.108
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	: 0.021
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	: 0.044
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	: 0.021
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	: 0.044
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	: 0.017
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	: 0.036
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AB)	: 0.063
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AC)	: 0.063
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(BC)	: 0.077

ФАКТОР А F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 17)= 1.506 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
80% Ft(2 , 17)= 1.772 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
85% Ft(2 , 17)= 2.126 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
90% Ft(2 , 17)= 2.644 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
95% Ft(2 , 17)= 3.592 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
99% Ft(2 , 17)= 6.112 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

ФАКТОР В F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 17)= 1.506 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
80% Ft(2 , 17)= 1.772 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
85% Ft(2 , 17)= 2.126 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
90% Ft(2 , 17)= 2.644 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
95% Ft(2 , 17)= 3.592 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
99% Ft(2 , 17)= 6.112 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

ФАКТОР АВ F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(4 , 17)= 1.487 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
80% Ft(4 , 17)= 1.684 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
85% Ft(4 , 17)= 1.940 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
90% Ft(4 , 17)= 2.308 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
95% Ft(4 , 17)= 2.965 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
99% Ft(4 , 17)= 4.669 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

ФАКТОР ВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 17)= 1.506 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
80% Ft(2 , 17)= 1.772 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
85% Ft(2 , 17)= 2.126 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715

90% Ft(2 , 17)= 2.644 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
 95% Ft(2 , 17)= 3.592 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
 99% Ft(2 , 17)= 6.112 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373
 ФАКТОР АВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(4 , 17)= 1.487 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
 80% Ft(4 , 17)= 1.684 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
 85% Ft(4 , 17)= 1.940 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
 90% Ft(4 , 17)= 2.308 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
 95% Ft(4 , 17)= 2.965 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
 99% Ft(4 , 17)= 4.669 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

3-х ФАКТОРНЫЙ		
ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ		
ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ		

Р32V3-2.D02

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ				
ФАКТОР А	В	ФАКТОР-С		
		1	2	3
1	1	13.300	16.900	15.100
	2	17.400	18.200	17.800
		15.350	17.550	16.450
2	1	21.050	20.250	20.650
	2	21.200	20.350	20.775
		21.125	20.300	20.712
3	1	13.600	16.050	14.825
	2	15.500	16.800	16.150
		14.550	16.425	15.488
ср	1	15.983	17.733	16.858
	2	18.033	18.450	18.242
*****		17.008	18.092	17.550

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ ПОВТОРЕНИЯ СЛУЧАЙНЫЕ	96.17 0.06 3.77
А-ФАКТОР В-ФАКТОР С-ФАКТОР АВ-ВЗАИМОД. АС-ВЗАИМОД. ВС-ВЗАИМОД. АВС-ВЗАИМОД.	72.33 6.71 4.12 3.88 6.45 1.56 1.12

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	14.954	11	25.49	2.82
Z-ОСТАТОК	0.587	11		
P-ФАКТОР	0.105	1	0.18	4.84
A-ФАКТОР	61.861	2	105.43	3.98
B-ФАКТОР	11.479	1	19.56	4.84
C-ФАКТОР	7.040	1	12.00	4.84
AB-ФАКТОР	3.322	2	5.66	3.98
AC-ФАКТОР	5.516	2	9.40	3.98
BC-ФАКТОР	2.669	1	4.55	4.84
ABC-ВЗАИМ.	0.957	2	1.63	3.98

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ	
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	: 17.550
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	: 0.766
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	: 0.542
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ , %	: 3.086
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	: 0.766
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	: 1.685
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	: 0.383
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	: 0.843
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	: 0.313
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	: 0.688
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	: 0.313
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	: 0.688
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AB)	: 0.973
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AC)	: 1.192
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(BC)	: 1.192

ФАКТОР P F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(1 , 11)= 1.475 t(11)= 1.214 t75/t95= 0.552

80% Ft(1 , 11)= 1.859 t(11)= 1.364 t80/t95= 0.620

85% Ft(1 , 11)= 2.395 t(11)= 1.548 t85/t95= 0.703

90% Ft(1 , 11)= 3.225 t(11)= 1.796 t90/t95= 0.816

95% Ft(1 , 11)= 4.844 t(11)= 2.201 t95/t95= 1.000

99% Ft(1 , 11)= 9.646 t(11)= 3.106 t99/t95= 1.411

ФАКТОР BC F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(1 , 11)= 1.475 t(11)= 1.214 t75/t95= 0.552

80% Ft(1 , 11)= 1.859 t(11)= 1.364 t80/t95= 0.620

85% Ft(1 , 11)= 2.395 t(11)= 1.548 t85/t95= 0.703

90% Ft(1 , 11)= 3.225 t(11)= 1.796 t90/t95= 0.816

95% Ft(1 , 11)= 4.844 t(11)= 2.201 t95/t95= 1.000

99% Ft(1 , 11)= 9.646 t(11)= 3.106 t99/t95= 1.411

ФАКТОР ABC F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 11)= 1.576 t(11)= 1.214 t75/t95= 0.552

80% Ft(2 , 11)= 1.870 t(11)= 1.364 t80/t95= 0.620

85% Ft(2 , 11)= 2.266 t(11)= 1.548 t85/t95= 0.703

90% Ft(2 , 11)= 2.860 t(11)= 1.796 t90/t95= 0.816

95% Ft(2 , 11)= 3.982 t(11)= 2.201 t95/t95= 1.000

99% Ft(2 , 11)= 7.206 t(11)= 3.106 t99/t95= 1.411

3-х ФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ
ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ				
А	ФАКТОР В	ФАКТОР-С		
		1	2	
1	1	1.250	1.250	1.250
	2	1.300	1.150	1.225
	3	1.220	1.300	1.260
2		1.257	1.233	1.245
	1	1.050	1.200	1.125
	2	1.200	1.000	1.100
	3	1.200	1.300	1.250
		1.150	1.167	1.158
3	1	1.115	1.135	1.125
	2	1.280	1.100	1.190
	3	1.200	1.250	1.225
		1.198	1.162	1.180
4	1	1.050	1.150	1.100
	2	1.250	1.120	1.185
	3	1.150	1.200	1.175
		1.150	1.157	1.153
ср	1	0.992	1.052	1.022
	2	1.118	0.971	1.044
	3	1.060	1.122	1.091
*****		1.057	1.049	1.053

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ	99.37
ПОВТОРЕНИЯ	0.25
СЛУЧАЙНЫЕ	0.38
A-ФАКТОР	96.08
B-ФАКТОР	0.57
C-ФАКТОР	0.01
AB-ВЗАИМОД.	0.61
AC-ВЗАИМОД.	0.07
BC-ВЗАИМОД.	1.65
ABC-ВЗАИМОД.	0.38

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	0.300	26	259.72	1.90
Z-ОСТАТОК	0.001	26		
P-ФАКТОР	0.019	1	16.68	4.22
A-ФАКТОР	2.155	4	1865.46	2.74
B-ФАКТОР	0.022	2	19.26	3.37
C-ФАКТОР	0.001	1	0.77	4.22
AB-ФАКТОР	0.007	7	5.89	2.39
AC-ФАКТОР	0.002	4	1.42	2.74
BC-ФАКТОР	0.065	2	56.07	3.37
ABC-ВЗАИМ.	0.004	7	3.70	2.39

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ		
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	:	1.053
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	:	0.034
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	:	0.024
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ , %	:	2.283
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	:	0.034
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	:	0.070
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	:	0.014
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	:	0.029
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	:	0.011
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	:	0.023
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	:	0.009
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	:	0.019
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AB)	:	0.033
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AC)	:	0.040
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(BC)	:	0.050

ФАКТОР С F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(1 , 26)= 1.384 t(26)= 1.176 t75/t95= 0.572
 80% Ft(1 , 26)= 1.729 t(26)= 1.315 t80/t95= 0.640
 85% Ft(1 , 26)= 2.200 t(26)= 1.484 t85/t95= 0.722
 90% Ft(1 , 26)= 2.909 t(26)= 1.706 t90/t95= 0.830
 95% Ft(1 , 26)= 4.225 t(26)= 2.056 t95/t95= 1.000
 99% Ft(1 , 26)= 7.721 t(26)= 2.779 t99/t95= 1.352

ФАКТОР AC F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(4 , 26)= 1.437 t(26)= 1.176 t75/t95= 0.572
 80% Ft(4 , 26)= 1.616 t(26)= 1.315 t80/t95= 0.640
 85% Ft(4 , 26)= 1.848 t(26)= 1.484 t85/t95= 0.722
 90% Ft(4 , 26)= 2.174 t(26)= 1.706 t90/t95= 0.830
 95% Ft(4 , 26)= 2.742 t(26)= 2.056 t95/t95= 1.000
 99% Ft(4 , 26)= 4.140 t(26)= 2.779 t99/t95= 1.352

3-х ФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ	
ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ	

P38V3-2.D04

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ						
ФАКТОР A	ФАКТОР- B	ФАКТОР-С				
		1	2	3	4	
1	1	8.400	11.150	10.250	9.350	9.788
	2	5.550	6.350	6.475	6.600	6.244
2		6.975	8.750	8.363	7.975	8.016
	1	15.750	16.300	16.250	15.050	15.837
	2	11.450	13.000	13.550	12.500	12.625
3		13.600	14.650	14.900	13.775	14.231
	1	11.500	12.100	11.700	11.800	11.775
	2	16.550	17.450	18.250	16.600	17.212
ср		14.025	14.775	14.975	14.200	14.494
	1	11.883	13.183	12.733	12.067	12.467
*****	2	11.183	12.267	12.758	11.900	12.027
		11.533	12.725	12.746	11.983	12.247

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ	94.57
ПОВТОРЕНИЯ	1.31
СЛУЧАЙНЫЕ	4.12
A-ФАКТОР	61.57
B-ФАКТОР	0.33
C-ФАКТОР	1.81
AB-ВЗАИМОД.	29.69
AC-ВЗАИМОД.	0.24
BC-ВЗАИМОД.	0.25
ABC-ВЗАИМОД.	0.67

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	28.731	23	22.95	2.00
Z-ОСТАТОК	1.252	23		
P-ФАКТОР	9.143	1	7.30	4.28
A-ФАКТОР	215.117	2	171.86	3.42
B-ФАКТОР	2.318	1	1.85	4.28
C-ФАКТОР	4.224	3	3.37	3.03
AB-ФАКТОР	103.730	2	82.87	3.42
AC-ФАКТОР	0.281	6	0.22	2.53
BC-ФАКТОР	0.586	3	0.47	3.03
ABC-ВЗАИМ.	0.780	6	0.62	2.53

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ	
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	: 12.247
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	: 1.119
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	: 0.791
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ , %	: 6.460
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	: 1.119
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	: 2.316
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	: 0.396
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	: 0.819
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	: 0.323
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	: 0.669
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	: 0.457
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	: 0.945
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AB)	: 1.337
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AC)	: 1.638
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(BC)	: 1.158

ФАКТОР В F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(1 , 23)=	1.393	t(23)=	1.180	t75/t95=	0.571
80% Ft(1 , 23)=	1.741	t(23)=	1.320	t80/t95=	0.638
85% Ft(1 , 23)=	2.218	t(23)=	1.489	t85/t95=	0.720
90% Ft(1 , 23)=	2.938	t(23)=	1.714	t90/t95=	0.829
95% Ft(1 , 23)=	4.280	t(23)=	2.068	t95/t95=	1.000
99% Ft(1 , 23)=	7.881	t(23)=	2.808	t99/t95=	1.358

ФАКТОР АС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(6 , 23)= 1.419 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(6 , 23)= 1.573 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(6 , 23)= 1.770 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(6 , 23)= 2.047 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(6 , 23)= 2.528 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(6 , 23)= 3.710 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР ВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(3 , 23)= 1.466 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(3 , 23)= 1.676 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(3 , 23)= 1.948 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(3 , 23)= 2.339 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(3 , 23)= 3.028 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(3 , 23)= 4.765 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР АВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(6 , 23)= 1.419 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(6 , 23)= 1.573 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(6 , 23)= 1.770 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(6 , 23)= 2.047 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(6 , 23)= 2.528 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(6 , 23)= 3.710 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

3-х ФАКТОРНЫЙ	
ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ	
ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ	

P52V3-2.DO4

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ						
ФАКТОР А	ФАКТОР В	ФАКТОР-С				
		1	2	3	4	5
1	1	21.650	21.050	21.050	20.400	21.037
	2	21.150	20.200	19.000	20.650	20.250
		21.400	20.625	20.025	20.525	20.644
2	1	20.100	19.750	20.400	19.950	20.050
	2	20.950	20.200	20.500	19.600	20.313
		20.525	19.975	20.450	19.775	20.181
3	1	20.500	22.250	21.100	21.050	21.225
	2	20.400	20.150	20.300	20.500	20.337
		20.450	21.200	20.700	20.775	20.781
ср	1	20.750	21.017	20.850	20.467	20.771
	2	20.833	20.183	19.933	20.250	20.300
*****		20.792	20.600	20.392	20.358	20.535

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ ПОВТОРЕНИЯ	54.92
СЛУЧАЙНЫЕ	0.19
А-ФАКТОР	44.88
В-ФАКТОР	8.09
С-ФАКТОР	6.82
АВ-ВЗАИМОД.	3.75
АС-ВЗАИМОД.	8.30
ВС-ВЗАИМОД.	13.24
АВС-ВЗАИМОД.	5.38
АВС-ВЗАИМОД.	9.34

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	0.933	23	1.22	2.00
Z-ОСТАТОК	0.762	23		
P-ФАКТОР	0.076	1	0.10	4.28
A-ФАКТОР	1.581	2	2.07	3.42
B-ФАКТОР	2.663	1	3.49	4.28
C-ФАКТОР	0.488	3	0.64	3.03
AB-ФАКТОР	1.622	2	2.13	3.42
AC-ФАКТОР	0.862	6	1.13	2.53
BC-ФАКТОР	0.701	3	0.92	3.03
ABC-ВЗАИМ.	0.608	6	0.80	2.53

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ	
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	: 20.535
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	: 0.873
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	: 0.617
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ ,%	: 3.007
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	: 0.873
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	: 1.807
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	: 0.309
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	: 0.639
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	: 0.252
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	: 0.522
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	: 0.356
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	: 0.738
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AB)	: 1.044
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AC)	: 1.278
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(BC)	: 0.904

ФАКТОР V F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(23, 23) = 1.328 t(23) = 1.180 t75/t95 = 0.571
80% Ft(23, 23) = 1.424 t(23) = 1.320 t80/t95 = 0.638
85% Ft(23, 23) = 1.546 t(23) = 1.489 t85/t95 = 0.720
90% Ft(23, 23) = 1.716 t(23) = 1.714 t90/t95 = 0.829
95% Ft(23, 23) = 2.005 t(23) = 2.068 t95/t95 = 1.000
99% Ft(23, 23) = 2.702 t(23) = 2.808 t99/t95 = 1.358

ФАКТОР P F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(1, 23) = 1.393 t(23) = 1.180 t75/t95 = 0.571
80% Ft(1, 23) = 1.741 t(23) = 1.320 t80/t95 = 0.638
85% Ft(1, 23) = 2.218 t(23) = 1.489 t85/t95 = 0.720
90% Ft(1, 23) = 2.938 t(23) = 1.714 t90/t95 = 0.829
95% Ft(1, 23) = 4.280 t(23) = 2.068 t95/t95 = 1.000
99% Ft(1, 23) = 7.881 t(23) = 2.808 t99/t95 = 1.358

ФАКТОР A F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2, 23) = 1.473 t(23) = 1.180 t75/t95 = 0.571
80% Ft(2, 23) = 1.728 t(23) = 1.320 t80/t95 = 0.638
85% Ft(2, 23) = 2.062 t(23) = 1.489 t85/t95 = 0.720
90% Ft(2, 23) = 2.549 t(23) = 1.714 t90/t95 = 0.829
95% Ft(2, 23) = 3.422 t(23) = 2.068 t95/t95 = 1.000
99% Ft(2, 23) = 5.664 t(23) = 2.808 t99/t95 = 1.358

ФАКТОР B F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(1, 23) = 1.393 t(23) = 1.180 t75/t95 = 0.571
80% Ft(1, 23) = 1.741 t(23) = 1.320 t80/t95 = 0.638
85% Ft(1, 23) = 2.218 t(23) = 1.489 t85/t95 = 0.720

90% Ft(1 , 23)= 2.938 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(1 , 23)= 4.280 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(1 , 23)= 7.881 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358
 ФАКТОР С F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(3 , 23)= 1.466 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(3 , 23)= 1.676 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(3 , 23)= 1.948 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(3 , 23)= 2.339 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(3 , 23)= 3.028 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(3 , 23)= 4.765 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358
 ФАКТОР АВ F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(2 , 23)= 1.473 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(2 , 23)= 1.728 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(2 , 23)= 2.062 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(2 , 23)= 2.549 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(2 , 23)= 3.422 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(2 , 23)= 5.664 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358
 ФАКТОР АС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(6 , 23)= 1.419 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(6 , 23)= 1.573 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(6 , 23)= 1.770 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(6 , 23)= 2.047 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(6 , 23)= 2.528 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(6 , 23)= 3.710 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358
 ФАКТОР ВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(3 , 23)= 1.466 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(3 , 23)= 1.676 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(3 , 23)= 1.948 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(3 , 23)= 2.339 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(3 , 23)= 3.028 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(3 , 23)= 4.765 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358
 ФАКТОР АВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(6 , 23)= 1.419 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(6 , 23)= 1.573 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(6 , 23)= 1.770 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(6 , 23)= 2.047 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(6 , 23)= 2.528 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(6 , 23)= 3.710 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

3-х ФАКТОРНЫЙ	
ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ	
ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ	

P53V3-2.D04

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ						
А	ФАКТОР В	ФАКТОР-С				
		1	2	3	4	
1	1	1.240	1.175	1.255	1.170	1.210
	2	1.370	1.325	1.335	1.300	1.332
		1.305	1.250	1.295	1.235	1.271
2	1	1.140	1.105	1.210	1.160	1.154
	2	1.315	1.300	1.265	1.255	1.284
		1.227	1.202	1.237	1.207	1.219
3	1	1.105	1.135	1.120	1.055	1.104
	2	1.335	1.285	1.270	1.265	1.289
		1.220	1.210	1.195	1.160	1.196
ср	1	1.162	1.138	1.195	1.128	1.156
	2	1.340	1.303	1.290	1.273	1.302
	****	1.251	1.221	1.242	1.201	1.229

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ	69.79
ПОВТОРЕНИЯ	6.45
СЛУЧАЙНЫЕ	23.77
A-ФАКТОР	9.24
B-ФАКТОР	49.72
C-ФАКТОР	3.55
AB-ВЗАИМОД.	1.81
AC-ВЗАИМОД.	1.40
BC-ВЗАИМОД.	2.34
ABC-ВЗАИМОД.	1.73

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	0.016	23	2.94	2.00
Z-ОСТАТОК	0.005	23		
P-ФАКТОР	0.033	1	6.24	4.28
A-ФАКТОР	0.024	2	4.47	3.42
B-ФАКТОР	0.255	1	48.11	4.28
C-ФАКТОР	0.006	3	1.15	3.03
AB-ФАКТОР	0.005	2	0.88	3.42
AC-ФАКТОР	0.001	6	0.23	2.53
BC-ФАКТОР	0.004	3	0.75	3.03
ABC-ВЗАИМ.	0.001	6	0.28	2.53

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ	
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	: 1.229
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	: 0.073
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	: 0.052
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ , %	: 4.191
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	: 0.073
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	: 0.151
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	: 0.026
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	: 0.053
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	: 0.021
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	: 0.044
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	: 0.030
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	: 0.062
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AB)	: 0.087
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AC)	: 0.107
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(BC)	: 0.075

ФАКТОР C F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(3 , 23)= 1.466 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
80% Ft(3 , 23)= 1.676 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
85% Ft(3 , 23)= 1.948 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
90% Ft(3 , 23)= 2.339 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
95% Ft(3 , 23)= 3.028 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
99% Ft(3 , 23)= 4.765 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР АВ F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(2 , 23)= 1.473 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(2 , 23)= 1.728 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(2 , 23)= 2.062 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(2 , 23)= 2.549 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(2 , 23)= 3.422 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(2 , 23)= 5.664 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР АС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(6 , 23)= 1.419 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(6 , 23)= 1.573 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(6 , 23)= 1.770 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(6 , 23)= 2.047 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(6 , 23)= 2.528 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(6 , 23)= 3.710 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР ВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(3 , 23)= 1.466 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(3 , 23)= 1.676 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(3 , 23)= 1.948 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(3 , 23)= 2.339 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(3 , 23)= 3.028 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(3 , 23)= 4.765 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР АВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(6 , 23)= 1.419 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(6 , 23)= 1.573 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(6 , 23)= 1.770 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(6 , 23)= 2.047 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(6 , 23)= 2.528 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(6 , 23)= 3.710 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

3-х ФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ	
ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ	

P55V3-3.DO3

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ					
ФАКТОР А	ФАКТОР В	ФАКТОР-С			
		1	2	3	3
1	1	1.170	1.235	1.300	1.235
	2	1.130	1.220	1.230	1.193
	3	1.120	1.205	1.210	1.178
2	1	1.140	1.220	1.247	1.202
	2	1.035	1.175	1.285	1.165
	2	1.125	1.165	1.275	1.188
	3	1.130	1.180	1.235	1.182
ср	1	1.097	1.173	1.265	1.178
	2	0.827	0.904	0.969	0.900
	3	0.846	0.894	0.939	0.893
*****	3	0.844	0.894	0.917	0.885
*****	3	0.839	0.897	0.942	0.893

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ	99.53
ПОВТОРЕНИЯ	0.12
СЛУЧАЙНЫЕ	0.36
A-ФАКТОР	98.38
B-ФАКТОР	0.01
C-ФАКТОР	0.66
AB-ВЗАИМОД.	0.08
AC-ВЗАИМОД.	0.28
BC-ВЗАИМОД.	0.05
ABC-ВЗАИМОД.	0.06

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	0.561	23	279.38	2.00
Z-ОСТАТОК	0.002	23		
P-ФАКТОР	0.015	1	7.50	4.28
A-ФАКТОР	7.654	2	3810.77	3.42
B-ФАКТОР	0.001	2	0.45	3.42
C-ФАКТОР	0.043	2	21.32	3.42
AB-ФАКТОР	0.003	3	1.53	2.80
AC-ФАКТОР	0.011	3	5.46	2.80
BC-ФАКТОР	0.002	4	0.88	2.80
ABC-ВЗАИМ.	0.001	7	0.60	2.45

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ	
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	: 0.893
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	: 0.045
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	: 0.032
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ , %	: 3.550
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	: 0.045
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	: 0.093
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	: 0.015
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	: 0.031
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	: 0.016
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	: 0.033
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	: 0.016
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	: 0.033
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AB)	: 0.057
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AC)	: 0.054
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(BC)	: 0.054

ФАКТОР B F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 23)= 1.473 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
80% Ft(2 , 23)= 1.728 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
85% Ft(2 , 23)= 2.062 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
90% Ft(2 , 23)= 2.549 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
95% Ft(2 , 23)= 3.422 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
99% Ft(2 , 23)= 5.664 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР AB F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(3 , 23)= 1.449 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
80% Ft(3 , 23)= 1.633 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
85% Ft(3 , 23)= 1.870 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
90% Ft(3 , 23)= 2.206 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829

95% Ft(3 , 23)= 2.796 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(3 , 23)= 4.264 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358
 ФАКТОР ВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(4 , 23)= 1.449 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(4 , 23)= 1.633 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(4 , 23)= 1.870 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(4 , 23)= 2.206 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(4 , 23)= 2.796 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(4 , 23)= 4.264 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358
 ФАКТОР АВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(7 , 23)= 1.407 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(7 , 23)= 1.552 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(7 , 23)= 1.736 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(7 , 23)= 1.995 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(7 , 23)= 2.442 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(7 , 23)= 3.539 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

3-х ФАКТОРНЫЙ Д И С П Е Р С И О Н Н Ы Й А Н А Л И З
ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ

P56V3-2.DO4

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ						
ФАКТОР В		ФАКТОР-С				
А		1	2	3	4	
1	1	9.350	10.450	10.275	10.100	10.044
	2	6.200	7.200	7.450	7.700	7.137
		7.775	8.825	8.862	8.900	8.591
2	1	14.600	15.900	15.250	14.000	14.938
	2	11.100	12.650	13.050	12.250	12.262
		12.850	14.275	14.150	13.125	13.600
3	1	11.200	11.950	11.600	11.900	11.663
	2	16.600	17.400	17.650	16.550	17.050
		13.900	14.675	14.625	14.225	14.356
ср	1	11.717	12.767	12.375	12.000	12.215
	2	11.300	12.417	12.717	12.167	12.150
*****		11.508	12.592	12.546	12.083	12.182

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ ПОВТОРЕНИЯ	96.07
СЛУЧАЙНЫЕ	1.26
	2.67
А-ФАКТОР	59.47
В-ФАКТОР	0.01
С-ФАКТОР	1.74
АВ-ВЗАИМОД.	33.78
АС-ВЗАИМОД.	0.41
ВС-ВЗАИМОД.	0.24
АВС-ВЗАИМОД.	0.43

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	22.067	23	35.97	2.00
Z-ОСТАТОК	0.614	23		
P-ФАКТОР	6.639	1	10.82	4.28
A-ФАКТОР	157.089	2	256.03	3.42
B-ФАКТОР	0.051	1	0.08	4.28
C-ФАКТОР	3.056	3	4.98	3.03
AB-ФАКТОР	89.229	2	145.43	3.42
AC-ФАКТОР	0.362	6	0.59	2.53
BC-ФАКТОР	0.424	3	0.69	3.03
ABC-ВЗАИМ.	0.375	6	0.61	2.53

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ	
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	: 12.182
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	: 0.783
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	: 0.554
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ ,%	: 4.547
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	: 0.783
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	: 1.621
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	: 0.277
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	: 0.573
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	: 0.226
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	: 0.468
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	: 0.320
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	: 0.662
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AB)	: 0.936
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AC)	: 1.147
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(BC)	: 0.811

ФАКТОР B F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(1 , 23)= 1.393 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(1 , 23)= 1.741 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(1 , 23)= 2.218 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(1 , 23)= 2.938 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(1 , 23)= 4.280 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(1 , 23)= 7.881 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР AC F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(6 , 23)= 1.419 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(6 , 23)= 1.573 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(6 , 23)= 1.770 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(6 , 23)= 2.047 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(6 , 23)= 2.528 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(6 , 23)= 3.710 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР BC F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(3 , 23)= 1.466 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(3 , 23)= 1.676 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(3 , 23)= 1.948 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(3 , 23)= 2.339 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(3 , 23)= 3.028 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(3 , 23)= 4.765 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР ABC F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(6 , 23)= 1.419 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(6 , 23)= 1.573 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(6 , 23)= 1.770 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(6 , 23)= 2.047 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(6 , 23)= 2.528 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(6 , 23)= 3.710 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

<p>3-х ФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ</p>
<p>ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ</p>

P63V3-3.DO2

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ				
А	ФАКТОР В	ФАКТОР-С		
		1	2	
1	1	1.148	1.217	1.183
	2	1.310	1.109	1.209
	3	1.195	1.210	1.202
2	1	1.217	1.179	1.198
	2	1.212	1.325	1.269
	2	1.125	1.263	1.194
	3	1.110	1.281	1.195
3	1	1.149	1.289	1.219
	1	1.170	1.300	1.235
	2	1.130	1.230	1.180
	3	1.120	1.210	1.165
ср	1	1.140	1.247	1.193
	1	1.177	1.281	1.229
	2	1.188	1.201	1.194
	3	1.142	1.234	1.188
*****		1.169	1.238	1.204

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ ПОВТОРЕНИЯ СЛУЧАЙНЫЕ	65.39 16.97 17.64
A-ФАКТОР B-ФАКТОР C-ФАКТОР AB-ВЗАИМОД. AC-ВЗАИМОД. BC-ВЗАИМОД. ABC-ВЗАИМОД.	1.74 4.42 16.38 5.82 20.56 5.65 10.82

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	0.010	17	3.71	2.23
Z-ОСТАТОК	0.003	17		
P-ФАКТОР	0.045	1	16.35	4.45
A-ФАКТОР	0.002	2	0.84	3.59
B-ФАКТОР	0.006	2	2.13	3.59

С-ФАКТОР	0.043	1	15.79	4.45
АВ-ФАКТОР	0.004	4	1.40	2.96
АС-ФАКТОР	0.027	2	9.91	3.59
ВС-ФАКТОР	0.007	2	2.72	3.59
АВС-ВЗАИМ.	0.007	4	2.61	2.96

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ	
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	: 1.204
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	: 0.052
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	: 0.037
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ , %	: 3.078
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	: 0.052
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	: 0.111
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	: 0.021
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	: 0.045
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	: 0.021
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	: 0.045
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	: 0.017
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	: 0.037
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(АВ)	: 0.064
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(АС)	: 0.064
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(ВС)	: 0.078

ФАКТОР А F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 17)= 1.506 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
80% Ft(2 , 17)= 1.772 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
85% Ft(2 , 17)= 2.126 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
90% Ft(2 , 17)= 2.644 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
95% Ft(2 , 17)= 3.592 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
99% Ft(2 , 17)= 6.112 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

ФАКТОР В F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 17)= 1.506 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
80% Ft(2 , 17)= 1.772 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
85% Ft(2 , 17)= 2.126 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
90% Ft(2 , 17)= 2.644 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
95% Ft(2 , 17)= 3.592 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
99% Ft(2 , 17)= 6.112 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

ФАКТОР АВ F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(4 , 17)= 1.487 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
80% Ft(4 , 17)= 1.684 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
85% Ft(4 , 17)= 1.940 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
90% Ft(4 , 17)= 2.308 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
95% Ft(4 , 17)= 2.965 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
99% Ft(4 , 17)= 4.669 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

ФАКТОР ВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 17)= 1.506 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
80% Ft(2 , 17)= 1.772 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
85% Ft(2 , 17)= 2.126 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
90% Ft(2 , 17)= 2.644 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
95% Ft(2 , 17)= 3.592 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
99% Ft(2 , 17)= 6.112 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

ФАКТОР АВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(4 , 17)= 1.487 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
80% Ft(4 , 17)= 1.684 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
85% Ft(4 , 17)= 1.940 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
90% Ft(4 , 17)= 2.308 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
95% Ft(4 , 17)= 2.965 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
99% Ft(4 , 17)= 4.669 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

3-х ФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ
ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ

P64V3-2.D03

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ					
А	ФАКТОР В	ФАКТОР-С			
		1	2	3	
1	1	14.950	19.600	18.300	17.617
	2	18.500	17.300	19.000	18.267
2		16.725	18.450	18.650	17.942
	1	20.900	20.625	20.350	20.625
	2	20.950	20.725	20.500	20.725
3		20.925	20.675	20.425	20.675
	1	14.550	15.700	16.650	15.633
	2	16.050	16.800	17.350	16.733
CP		15.300	16.250	17.000	16.183
	1	16.800	18.642	18.433	17.958
	2	18.500	18.275	18.950	18.575
	****	17.650	18.458	18.692	18.267

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ	80.60
ПОВТОРЕНИЯ	3.35
СЛУЧАЙНЫЕ	16.05
A-ФАКТОР	61.71
B-ФАКТОР	1.72
C-ФАКТОР	3.60
AB-ВЗАИМОД.	0.75
AC-ВЗАИМОД.	4.06
BC-ВЗАИМОД.	3.24
ABC-ВЗАИМОД.	5.52

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	9.447	17	5.02	2.23
Z-ОСТАТОК	1.881	17		
P-ФАКТОР	6.678	1	3.55	4.45
A-ФАКТОР	61.477	2	32.68	3.59
B-ФАКТОР	3.424	1	1.82	4.45
C-ФАКТОР	3.587	2	1.91	3.59
AB-ФАКТОР	0.752	2	0.40	3.59
AC-ФАКТОР	2.024	4	1.08	2.96
BC-ФАКТОР	3.225	2	1.71	3.59
ABC-ВЗАИМ.	2.748	4	1.46	2.96

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ		
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	:	18.267
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	:	1.372
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	:	0.970
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ , %	:	5.309
<hr/>		
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	:	1.372
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	:	2.894
<hr/>		
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	:	0.560
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	:	1.181
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	:	0.457
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	:	0.965
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	:	0.560
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	:	1.181
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AB)	:	1.671
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AC)	:	2.046
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(BC)	:	1.671

ФАКТОР P F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(1 , 17)= 1.418 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
80% Ft(1 , 17)= 1.778 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
85% Ft(1 , 17)= 2.273 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
90% Ft(1 , 17)= 3.026 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
95% Ft(1 , 17)= 4.451 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
99% Ft(1 , 17)= 8.400 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

ФАКТОР B F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(1 , 17)= 1.418 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
80% Ft(1 , 17)= 1.778 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
85% Ft(1 , 17)= 2.273 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
90% Ft(1 , 17)= 3.026 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
95% Ft(1 , 17)= 4.451 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
99% Ft(1 , 17)= 8.400 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

ФАКТОР C F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 17)= 1.506 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
80% Ft(2 , 17)= 1.772 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
85% Ft(2 , 17)= 2.126 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
90% Ft(2 , 17)= 2.644 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
95% Ft(2 , 17)= 3.592 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
99% Ft(2 , 17)= 6.112 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

ФАКТОР AB F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 17)= 1.506 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
80% Ft(2 , 17)= 1.772 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
85% Ft(2 , 17)= 2.126 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
90% Ft(2 , 17)= 2.644 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
95% Ft(2 , 17)= 3.592 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
99% Ft(2 , 17)= 6.112 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

ФАКТОР AC F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(4 , 17)= 1.487 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
80% Ft(4 , 17)= 1.684 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
85% Ft(4 , 17)= 1.940 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
90% Ft(4 , 17)= 2.308 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
95% Ft(4 , 17)= 2.965 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
99% Ft(4 , 17)= 4.669 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

ФАКТОР BC F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 17)= 1.506 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
80% Ft(2 , 17)= 1.772 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
85% Ft(2 , 17)= 2.126 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
90% Ft(2 , 17)= 2.644 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
95% Ft(2 , 17)= 3.592 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
99% Ft(2 , 17)= 6.112 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

ФАКТОР ABC F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(4 , 17)= 1.487 t(17)= 1.191 t75/t95= 0.564
 80% Ft(4 , 17)= 1.684 t(17)= 1.334 t80/t95= 0.632
 85% Ft(4 , 17)= 1.940 t(17)= 1.508 t85/t95= 0.715
 90% Ft(4 , 17)= 2.308 t(17)= 1.740 t90/t95= 0.825
 95% Ft(4 , 17)= 2.965 t(17)= 2.110 t95/t95= 1.000
 99% Ft(4 , 17)= 4.669 t(17)= 2.898 t99/t95= 1.373

3-х ФАКТОРНЫЙ Д И С П Е Р С И О Н Н Ы Й А Н А Л И З
ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ

P72V3-2.DO4

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ						
ФАКТОР A	B	ФАКТОР-С				
		1	2	3	4	
1	1	21.650	21.050	20.400	20.450	20.888
	2	20.750	21.000	19.400	20.200	20.338
		21.200	21.025	19.900	20.325	20.613
2	1	21.100	20.750	20.050	21.050	20.737
	2	20.050	20.400	20.150	19.850	20.112
		20.575	20.575	20.100	20.450	20.425
3	1	21.000	21.100	20.750	20.950	20.950
	2	20.850	20.200	20.300	20.650	20.500
		20.925	20.650	20.525	20.800	20.725
ср	1	21.250	20.967	20.400	20.817	20.858
	2	20.550	20.533	19.950	20.233	20.317
	*****	20.900	20.750	20.175	20.525	20.587

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ ПОВТОРЕНИЯ СЛУЧАЙНЫЕ	55.90 0.02 44.08
A-ФАКТОР	3.47
B-ФАКТОР	16.66
C-ФАКТОР	16.93
AB-ВЗАИМОД.	0.31
AC-ВЗАИМОД.	8.61
BC-ВЗАИМОД.	0.70
ABC-ВЗАИМОД.	9.22

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	0.513	23	1.27	2.00
Z-ОСТАТОК	0.405	23		
P-ФАКТОР	0.004	1	0.01	4.28

А-ФАКТОР	0.366	2	0.91	3.42
В-ФАКТОР	3.517	1	8.69	4.28
С-ФАКТОР	1.191	3	2.95	3.03
АВ-ФАКТОР	0.033	2	0.08	3.42
АС-ФАКТОР	0.303	6	0.75	2.53
ВС-ФАКТОР	0.049	3	0.12	3.03
АВС-ВЗАИМ.	0.324	6	0.80	2.53

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ	
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	: 20.588
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	: 0.636
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	: 0.450
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ , %	: 2.185
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	: 0.636
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	: 1.317
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	: 0.225
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	: 0.465
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	: 0.184
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	: 0.380
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	: 0.260
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	: 0.538
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(АВ)	: 0.760
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(АС)	: 0.931
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(ВС)	: 0.658

ФАКТОР V F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(23 , 23)= 1.328 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
80% Ft(23 , 23)= 1.424 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
85% Ft(23 , 23)= 1.546 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
90% Ft(23 , 23)= 1.716 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
95% Ft(23 , 23)= 2.005 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
99% Ft(23 , 23)= 2.702 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР P F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(1 , 23)= 1.393 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
80% Ft(1 , 23)= 1.741 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
85% Ft(1 , 23)= 2.218 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
90% Ft(1 , 23)= 2.938 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
95% Ft(1 , 23)= 4.280 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
99% Ft(1 , 23)= 7.881 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР A F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 23)= 1.473 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
80% Ft(2 , 23)= 1.728 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
85% Ft(2 , 23)= 2.062 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
90% Ft(2 , 23)= 2.549 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
95% Ft(2 , 23)= 3.422 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
99% Ft(2 , 23)= 5.664 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР С F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(3 , 23)= 1.466 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
80% Ft(3 , 23)= 1.676 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
85% Ft(3 , 23)= 1.948 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
90% Ft(3 , 23)= 2.339 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
95% Ft(3 , 23)= 3.028 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
99% Ft(3 , 23)= 4.765 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР АВ F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 23)= 1.473 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
80% Ft(2 , 23)= 1.728 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
85% Ft(2 , 23)= 2.062 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
90% Ft(2 , 23)= 2.549 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
95% Ft(2 , 23)= 3.422 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
99% Ft(2 , 23)= 5.664 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР АС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(6 , 23)= 1.419 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(6 , 23)= 1.573 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(6 , 23)= 1.770 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(6 , 23)= 2.047 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(6 , 23)= 2.528 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(6 , 23)= 3.710 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР ВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(3 , 23)= 1.466 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(3 , 23)= 1.676 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(3 , 23)= 1.948 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(3 , 23)= 2.339 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(3 , 23)= 3.028 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(3 , 23)= 4.765 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР АВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.
 75% Ft(6 , 23)= 1.419 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
 80% Ft(6 , 23)= 1.573 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
 85% Ft(6 , 23)= 1.770 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
 90% Ft(6 , 23)= 2.047 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
 95% Ft(6 , 23)= 2.528 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
 99% Ft(6 , 23)= 3.710 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

3-х ФАКТОРНЫЙ Д И С П Е Р С И О Н Н Ы Й А Н А Л И З ОРГАНИЗОВАННЫЕ ПОВТОРЕНИЯ
--

P73V3-2.DO4

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ						
ФАКТОР В		ФАКТОР-С				
А		1	2	3	4	
1	1	1.225	1.195	1.205	1.225	1.212
	2	1.345	1.385	1.320	1.254	1.326
2	1	1.285	1.290	1.262	1.240	1.269
	2	1.120	1.050	1.160	1.170	1.125
	3	1.290	1.230	1.275	1.255	1.263
3	1	1.205	1.140	1.217	1.213	1.194
	2	1.175	1.110	1.110	1.045	1.110
	3	1.305	1.280	1.280	1.260	1.281
CP	1	1.240	1.195	1.195	1.152	1.196
	2	1.173	1.118	1.158	1.147	1.149
*****		1.313	1.298	1.292	1.257	1.290
*****		1.243	1.208	1.225	1.202	1.220

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА, (%)	
ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ	ИНДЕКС ДЕТЕРМИНАЦИИ
V-ВАРИАНТ	68.54
ПОВТОРЕНИЯ	11.35
СЛУЧАЙНЫЕ	20.11
A-ФАКТОР	11.18
B-ФАКТОР	44.77
C-ФАКТОР	2.36
AB-ВЗАИМОД.	1.27
AC-ВЗАИМОД.	4.69
BC-ВЗАИМОД.	1.44
ABC-ВЗАИМОД.	2.83

АНАЛИЗЫ ВАРИАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ				
ИСТОЧНИК	СРЕДН. КВАДРАТ.	СТЕПЕНЬ СВОБОДЫ	F-ФИШЕР ЭКСПЕРИМ.	F-ФИШЕР ТАБЛИЧН
V-ВАРИАНТ	0.016	23	3.41	2.00
Z-ОСТАТОК	0.005	23		
P-ФАКТОР	0.060	1	12.98	4.28
A-ФАКТОР	0.030	2	6.40	3.42
B-ФАКТОР	0.238	1	51.20	4.28
C-ФАКТОР	0.004	3	0.90	3.03
AB-ФАКТОР	0.003	2	0.72	3.42
AC-ФАКТОР	0.004	6	0.89	2.53
BC-ФАКТОР	0.003	3	0.55	3.03
ABC-ВЗАИМ.	0.003	6	0.54	2.53

СТАТИСТ. ХАРАКТЕРИСТИКИ	
СРЕДНЕЕ ПО МАТРИЦЕ	: 1.220
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	: 0.068
ОШИБКА ОПЫТА (СРЕДНЕЙ)	: 0.048
ПОКАЗАТЕЛЬ ТОЧНОСТИ , %	: 3.952
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ - SD	: 0.068
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ - (НСР)	: 0.141
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(A)	: 0.024
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(A)	: 0.050
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(B)	: 0.020
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(B)	: 0.041
ОШИБКА РАЗНОСТИ СРЕДНИХ -SD(C)	: 0.028
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(C)	: 0.058
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AB)	: 0.081
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(AC)	: 0.100
НАИМЕНЬШАЯ СУЩ. РАЗНОСТЬ-НСР(BC)	: 0.071

ФАКТОР C F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЬЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(3 , 23)= 1.466 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
80% Ft(3 , 23)= 1.676 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
85% Ft(3 , 23)= 1.948 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
90% Ft(3 , 23)= 2.339 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
95% Ft(3 , 23)= 3.028 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
99% Ft(3 , 23)= 4.765 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР АВ F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЪЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(2 , 23)= 1.473 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
80% Ft(2 , 23)= 1.728 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
85% Ft(2 , 23)= 2.062 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
90% Ft(2 , 23)= 2.549 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
95% Ft(2 , 23)= 3.422 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
99% Ft(2 , 23)= 5.664 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР АС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЪЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(6 , 23)= 1.419 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
80% Ft(6 , 23)= 1.573 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
85% Ft(6 , 23)= 1.770 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
90% Ft(6 , 23)= 2.047 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
95% Ft(6 , 23)= 2.528 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
99% Ft(6 , 23)= 3.710 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР ВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЪЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(3 , 23)= 1.466 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
80% Ft(3 , 23)= 1.676 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
85% Ft(3 , 23)= 1.948 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
90% Ft(3 , 23)= 2.339 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
95% Ft(3 , 23)= 3.028 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
99% Ft(3 , 23)= 4.765 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

ФАКТОР АВС F-ФИШЕР ТАБЛИЧН. t-СТЪЮДЕНТ ТАБЛИЧН.

75% Ft(6 , 23)= 1.419 t(23)= 1.180 t75/t95= 0.571
80% Ft(6 , 23)= 1.573 t(23)= 1.320 t80/t95= 0.638
85% Ft(6 , 23)= 1.770 t(23)= 1.489 t85/t95= 0.720
90% Ft(6 , 23)= 2.047 t(23)= 1.714 t90/t95= 0.829
95% Ft(6 , 23)= 2.528 t(23)= 2.068 t95/t95= 1.000
99% Ft(6 , 23)= 3.710 t(23)= 2.808 t99/t95= 1.358

БИБЛИОГРАФИЯ

1. А.с. 528054 СССР кл. А 01 С 7-20. Сошник / Любанский И.М., Степук Л.Я., Горпинченко А.П., Божо Н.А. // Реферативный журнал. – 1977. – № 5.
2. А.с. 572237 СССР кл. А 01 С 7/20. Двухдисковый двухстрочный сошник / Каимулин Р.К., Ярославцев Г.Ф. // Реферативный журнал. – 1977. – № 9.
3. А.с. 11684116 СССР. Орудие для обработки почвы и посева / П.М.Василенко, В.Ф.Пашенко, И.Н.Дорожко // Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки: Офиц. бюл. Госкомизобретений ЦНИИПИ. – 1985. – № 27.
4. Агейчик В.А. Исследование влияния параметров механизма навески сошников на качество заделки семян в почву // Сб. науч. работ аспирантов. – Минск: ЦНИИМЭСХ, 1979. – С. 25–29.
5. Агейчик В.А. К изысканию механизма навески сошников зерновой сеялки для почв, засоренных камнями // Сб. науч. работ аспирантов. – Минск: ЦНИИМЭСХ, 1979. – С. 22–25.
6. Агробіологічні й агротехнічні основи оптимізації продукційного процесу вирощування цукрових буряків першого і другого років життя в Східному Лісостепу України: монографія / С.І. Корнієнко – Х.: ХНАУ, 2012. – 296 с.
7. Адамчук В.В., Петриченко Е.А. Теорія руху причіпного комбінованого посівного агрегату // Вісник Харківського національного технічного університету ім. П.Василенка. – 2015. – Вип. 163. – С. 195–212.
8. Адлер Ю.П., Макаров Е.В., Грановский. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – 2-е изд., перераб. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
9. Аллен Х. П. Прямой посев и минимальная обработка почвы / Перевод с английского и предисловие М.Ф. Пушкарева. – М.: Агропромиздат, 1985. – 205 с.
10. Арзуманян А.С. Исследование работы сошников зерновых сеялок: Автореф. дис ... канд. тех. наук. – Ереван, 1963. – 18 с.
11. Аркулис Г.Э., Дорогобид В.Г. Теория пластичности. – М.: Металлургия, 1987. – 352 с.
12. Бабицкий Л.Ф. Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин. – К.: Урожай, 1998. – 164 с.
13. Бабицкий Л.Ф. Взаимосвязь деформационной постоянной и твердости почвы как основа для определения формы почвообразующих рабочих органов // Вісник аграрної науки. – К.: Аграрна наука, 1994. – № 4. – С. 94–97.
14. Бабошин А.И. и др. Комбинированные агрегаты в Нечерноземье. – Техника в сел. Хоз-ве. – 1977. – № 8. – С. 39–42.
15. Баладинский В.Л. Динамическое разрушение грунтов. – К.: Из-во Киевского университета, 1971. – 226 с.
16. Бахтин П.У. Физико-механические и технологические свойства почв. – М.: Знание, 1971. – 64 с.
17. Бондарев А.Г., Русанов В.А., Медведев В.В. Заключение // В кн. «Переуплотнение пахотных почв». – М.: Наука, 1987. – С. 205–210.

18. Бондаренко В.И., Федорова Н.А., Пикуш Г.Р. и др. Рекомендации по уходу за озимыми культурами. – К.: Урожай, 1985. – 37 с.
19. Бублик С.П. О форме лобового профиля симметричных рабочих органов орудий поверхностной обработки почвы // Киевский с.-х. институт. Труды. – К. – Х., 1949.
20. Буденный Ю.В. Интенсификация технологии возделывания озимой пшеницы в условиях левобережной Лесостепи УССР: Дис ... док. с.-х. наук. – Х., 1988. – 240 с.
21. Буденный Ю.В., Кононыхин А.К., Дьяконов Н.Д. Влияние отдельных агротехнических приемов на урожайность и качество зерна озимых культур и ярового ячменя // Сб. науч. тр. “Пути повышения урожайности зерновых культур в восточной Лесостепи”. – К., 1985. – С. 24–37.
22. Бузенков Г.М. и др. Проблема комбинированных машин и орудий // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1974. – № 10. – С. 86–97.
23. Булгаков В., Литвинов О. Про ефективні методи дослідження механічних процесів сільськогосподарського виробництва // Техніко–технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. – Вип. 9. – Дослідницьке, 2006. – С. 68–79.
24. Василенко П.М. Основы аналитических методов землеробской механики. – К.: Видавництво НАУ, 1998. – 29 с.
25. Василенко П.М., Бабий П.Т. Культиваторы. – К., 1961. – 240 с.
26. Василенко П.М. Элементы теории устойчивости движения прицепных с.-х. машин и орудий.// ВАСХНИЛ. Сб. науч. тр. по земледельческой механике. – Т.2. – М: Сельхозиздат, 1954.
27. Василенко П.М., Василенко В.П. Методика построения расчетных моделей функционирования механических систем (машин и машинных агрегатов). – К., 1980. – 135 с.
28. Ветохин В.И. Обоснование формы и параметров рыхлительных рабочих органов с целью снижения энергозатрат на обработку почвы: Автореф. дис ... канд. техн. наук / ВИСХОМ. – М., 1992. – 24 с.
29. Вильде А.А. и др. Комбинированные почвообрабатывающие машины. – Л.: Агропромиздат, Ленингр. отд., 1986. – 128 с.
30. Вильямс В.Р. Почвоведение // М.: Сельхозгиз, 1949. – 446 с.
31. Вильямс В.Р. Травопольная система земледелия // Избранные труды. – М.: Сельхозгиз, 1949.
32. Вильямс В.Р.Собрание сочинений. – Т. 3. – 1949. – 344 с.
33. Войтюк Д.Г., Пилипака С. Побудова траєкторії руху частинок ґрунту по циліндричних поверхнях і знаходження кривої перерізу циліндра // Техніка АПК. – 1999. – № 8. – С. 6–9.
34. Гапоненко В.С. Влияние уплотнения машинотракторными агрегатами на свойства, режимы почвы и урожай сельскохозяйственных культур черноземов Украины центральной и правобережной лесостепи // В кн. «Переуплотнение пахотных почв». – М.: Наука, 1987. – С. 105–115.
35. Горячкин В.П. Собрание сочинений. Т.2. 2-е изд. – М.: Колос, 1968. – 455 с.

36. Гуков Я.С. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України: Автореф. дис ... док. техн. наук – Глеваха, 1998. – 33 с.
37. Гуков Я.С. Проблеми обробітку ґрунту і шляхи їх розв'язання // Вісник аграрної науки, 1996. – № 1. – С. 28–30.
38. Демидович Б.П. Лекции по математической теории устойчивости. – М.: Наука, 1967.
39. Донец С.М. Исследование технологического процесса заделки семян дисковыми сошниками: Автореф. дис...канд. тех. наук. – К., 1963.–20 с.
40. Доспехов Б.А. Планирование полевого опыта и статическая обработка его данных. – М.: Колос. – С. 15–40.
41. Дубровин В., Афонин А., Горпун В. Вспашка без плужной подошвы становится реальностью // Техника АПК. – 1999. – № 1. – С. 33–34.
42. Дубровин В.А., Левчук Н.С. Перспективы дифференциации основной обработки почвы // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001. – № 2. – С. 32–34.
43. Сторшин О.О., Лісовий М.В. Математичне планування польових дослідів та статична обробка експериментальних даних. – Х., 2005. – 192 с.
44. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1968. – 375 с.
45. Ильин В.И. Результаты исследования универсального сошника. Повышение качества обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур комбинированными машинами. – Горки, 1988. – С. 81–86.
46. Инкулис З.Ф. Проблема почвообрабатывающего и посевного комбайна // Сельскохозяйственная машина. – 1934. – № 3. – С. 5–8.
47. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды. – М.: Изд-во МГУ, 1971. – 248 с.
48. Кавунець В., Дворник В., Маласай В. Глибина сівби – важливий фактор урожайності // Земля і люди України. – 1997. – № 2. – С. 18–19.
49. Калиниченко В.И., Дорофеева В.И., Шкребец С.М. Введение в метод конечных элементов: Специальный курс. – Х.: Изд-во ХГУ, 1993. – 40 с.
50. Качинский Н.А. Структура почвы. – М.: МГУ, 1963. – 100 с.
51. Ким В.В., Дьяконов С.А. Изыскание путей повышения равномерности заделки семян в почву // Механізація с.-г. виробництва: Вісник ХДТУСГ. – Вип. 29. – Х., 2004. – С.193–196.
52. Корнієнко С.І. Агробіологічні й агротехнічні основи оптимізації продукційного процесу вирощування цукрових буряків першого і другого років життя в Східному лісостепу України. монографія. – Х., 2012. – 294 с.
53. Патент на корисну модель. Спосіб регулювання тиску повітря в шинах коліс транспортного засобу зі здвоєними базовими колесами. – 2014 р. 10. 04. винахідники: Корнієнко С.І., Пузік В.К., Пащенко В.Ф., Сиромятников Ю.М., Терьохіна Л.А., Лисенко Ю.Є.
54. Короткевич П.С. О влиянии формы лезвия ножа на сопротивление подрезанию пласта при обработке почвы // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Респ. межвед.

тем. науч.-техн. сб. “Механизация обработки почвы и внесения удобрений”. – К., 1967. – Вып. 8. – С. 13–17.

55. Костычев П.А. Избранные труды // Изд. Академии наук СССР, 1951. – 663 с.

56. Котов П.М. Обоснование параметров стоек рабочего органа культиватора для предпосевной обработки почвы // Науч.-техн. бюл. Сиб. отд. ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1977. – Вып. 20.

57. Козаченко О.В. Проблеми підвищення технічного рівня сільськогосподарських машин // Праці 1–ої Міжнародної науково-технічної конференції: Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин. – Тернопіль, ТДТУ, 2004. – С. 432–490.

58. Кравчук В.І., Баранов Г.П. Концептуальні основи побудови системи точного землеробства України // Техніка АПК. – 2000. – № 1. – С. 4–8.

59. Кушнарєв А.С., Бауков А.В., Найдыш В.М. Проектирование рыхлительные рабочих органов культиваторов. – К., 1979. – 18 с.

60. Кушнарєв А.С. Механика почв: задачи и состояние работ // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. – № 3. – С. 9–13.

61. Кушнарєв А.С. Механико-технологические основы процесса взаимодействия рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий на почву // Дис ... док. техн. наук. – Челябинск, 1981. – 502 с.

62. Кузнецов Ю.И., Юзбашев В.А. Комбинированные машины для обработки почвы и посева // Механизация и электрификация соц. сел. Хоз-ва. – 1978. – № 5. – С. 8–10.

63. Кушнарєв А.С., Пупонин А.И., Матюк Н.С. Агротехнические приемы разуплотнения почв // В кн. “Переуплотнение пахотных почв”. – М.: Наука, 1987. – С. 158–166.

64. Лінник М.К., Гуков Я.С. Проблеми енергозбереження для модернізованого обробітку ґрунту // Вісник аграрної науки. – 2000. – № 1. – С. 47–49.

65. Малкин И.Г. Теория устойчивости движения. – М.: Наука, 1966. – С. 530.

66. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1977.

67. Мацепуро Е.М., Манюта И.В. Вопросы земледельческой механики. – Т.2. – Минск: Госиздат БССР, 1959.

68. Медведев В. В. Почвенно-экологические условия возделывания сельскохозяйственных культур. – К.: Урожай, 1991. – 173 с.

69. Медведев В.В., Ким В.В., Пашенко В.Ф. и др. Комбинированная машина для обработки почвы и внесения органических удобрений // А.с. № 1431700. Опубл. 1988. Бюллетень № 39.

70. Медведев В.В., Слободюк П.И., Пашенко В.Ф. Использование агрофизических свойств черноземов при разработке почвообрабатывающих машин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. – № 3. – С. 6–8.

71. Медведев В.В., Слободюк П.И., Цыбулько В.Г. Влияние уплотнения машинно-тракторными агрегатами на свойства, режимы почвы и урожай сельскохозяйственных культур в Восточной левобережной лесостепи Украины // В кн. «Переуплотнение пахотных почв». – М.: Наука, 1987. – С. 98–105.

72. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Роцин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Колос, 1980. – 200 с.
73. Морозов И.В. Обоснование параметров сошников // Механізація сільськогосподарського виробництва / Вісник ХДТУСГ. – Вип. 1. – Х., 2000. – С. 218–222.
74. Морозов И.В., Власенко В.Г., Винь Д.Д. Обоснование параметров дискового сошника // Механізація сільськогосподарського виробництва: Зб. наук. праць НАУ. – Т. 10. – К., 2001. – С. 223–226.
75. Морозов И.В. Технологічні і технічні основи удосконалення конструкцій сошників зернових сівалок: Автореф. дис ... докт. техн. наук. – Тернопіль, 2003. – 40 с.
76. Надикто В.Т. Основы агрегатирования модульных энергетических средств. – Мелитополь, 2003. – 240 с.
77. ОСТ–70.2.15–73. Испытание сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. М.: Сельхозтехника, 1974.
78. Панов И.М. Перспективные направления создания почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами (обзор). – М.: ЦНИИТЭИ, 1972. – 62 с.
79. Панов И.М., Кузнецов Ю.А. Перспективные направления создания комбинированных почвообрабатывающих и посевных машин (обзор). – М.: ЦНИИТЭИ, 1973. – 45 с.
80. Панов И.М., Орлов Н.М. Основные пути снижения энергозатрат при обработке почвы // Тракторы и сельхозмашины. – 1987. – № 8. – С. 27–30.
81. Пащенко В.Ф. Моделирование взаимодействия с почвой рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий. – Х., 1994. – 133 с.
82. Пащенко В.Ф. До методики побудови математичних моделей функціонування механічних систем // Вісті Академії інженерних наук України. – 2006. – № 1. – С. 27–28.
83. Пащенко В.Ф. Механико-технологические средства эколого-экономического совершенствования процессов обработки почвы: Дис ... докт. техн. наук – Х., 2005. – 335 с.
84. Пащенко В.Ф. Онишко М.И. Снижение энергоемкости комбинированной машины для обработки почвы и посева // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Сб. науч. тр. УНИИМЭСХ. Вып. 70. – К., 1989. – С. 17–20.
85. Пащенко В.Ф., Дорожко И.Н., Онишко М.И. и др. Результаты полевых испытаний комбинированной машины для обработки почвы и посева // Пути развития механизации производства зерна в СССР. Тез. докл. республиканской научно-технической конференции. Госагропром СССР. УНИИМЭСХ. – Глеваха, 1988.
86. Пащенко В.Ф., Кім В.В., Дорожко І.М., Кіяшко В.М. Результати польових випробувань модернізованої комбінованої ґрунтообробної машини АГРО-3 // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісн. Харк. держ. техн. ун-ту с -г. – Вип. 29. – Х., 2004. – С. 166–169.
87. Пащенко В.Ф., Кім В.В., Кіяшко В.М. Динаміка функціонування комбінованої ґрунтообробної машини // Вібрації в техніці та технологіях / ВГАУ: Всеукр. наук. техн. журн. – № 4(36). – Вінниця, 2004. – С. 114–116.

88. Пащенко В.Ф., Кім В.В., Кіяшко В.М. Обґрунтування параметрів чизельних робочих органів комбінованої машини АГРО-3 // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. / УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Вип. 7(21). – Дослідницьке, 2004. – С. 353–358.
89. Пигулевский М.Х. Пути и методы изучения физико–механических свойств почвы в целях правильного конструктивного оформления и рациональной эксплуатации средств механизации почвообработки // Физика почв в СССР. – М.: Сельхозгиз, 1936. – С. 209–233.
90. Погорілий Л., Лінник М., Дубровін В., Нагорний М. Перспективні конструкції і тенденції розвитку // Трактори і сільськогосподарські машини. – К., 1998.
91. Разработка элементов программы определения пространственно деформируемого состояния грунта при воздействии клина // Отчет по ХДТ ХСХИ с центром трудовой занятости молодежи «Политехник». – Х., 1990. – С. 7.
92. Ревут И.Б. Теоретические обоснования новых элементов технологии обработки почв. – Л., 1969. – Вып. 2. – С. 6–19.
93. Ревут И.Б., Поясов Н.П. О некоторых физических условиях в структурных почвах в связи с содержанием пылеватых фракций // Сборник трудов по агрономической физике. – Вып. 6. – 1953. – С. 228–242.
94. Родионов Н.Н., Шевченко И.А. Рабочий орган глубокорыхлителя для тяжелых почв // Совершенствование рабочих органов почвообрабатывающих и уборочных машин: Сб. науч. тр. – М., 1986. – С. 42–45.
95. Рославцев А.В. Теория движения тягово-транспортных средств // УМЦ «Триада». – М., 2003. – 171 с.
96. Сало В., Сисолін П. Не плуг і не плоскоріз // Сільськогосподарська техніка України. – 1997. – № 1. – С. 14–15.
97. Сердечный А.Н., Дроздов В.Н. Современные комбинированные почвообрабатывающие машины / Центр. правление НТО сел. Хоз-ва; Ин-т усоверш. спец. сел. хоз-ва. – М., 1985.
98. Синееков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
99. Сисолін П. Забезпечення оптимальних норм висіву зернових культур за рахунок підвищення якості загортання насіння // Техніко–технологічні розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України / Зб. наук. праць. – Дослідницьке. – 2003. – Вип. 6 (20). Книга 1. – С. 68–72.
100. Сисолін П., Сало В. Уніфіковані ґрунторозпушувачі для захисних систем землеробства // Техніка АПК. – № 2. – 2000. – С. 12–15.
101. Сисолін П.В. Теорія, проектування та розрахунки посівних машин. – К.: ІСДО, 1994. – 148 с.
102. Собчук М., Коваль С., Погорілий В та ін. Екологічні передумови розроблення комплексу засобів механізації для залуження виведених з інтенсивного обробітку земель // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сіль-

ського господарства України: Збірник наукових праць / УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого. – Дослідницьке, 2004. – Вип. 7(21). – С. 114–119.

103. Соколов В.М. Элементы теории устойчивости движения сошников // Тракторы и сельхозмашины. – 1962. – № 3. – С. 31–34.

104. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. 3-е изд. – М.: Физматиздат, 1960. – 244 с.

105. Сторчак С.В., Магдалюк П.П. Обоснование параметров рыхлительных лап для обработки междурядий пропашных культур // Пути увеличения продуктивности полей. – Кишинев: Штиинца, 1978. – С. 34–37.

106. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур: монографія / Л.М. Тіщенко, С.І. Корнієнко, В.А. Дубровін та ін.: за ред. Л.М. Тіщенка / Харк. нац. тех. ун-т с.-г. ім. Петра Василенка. – Х: Щедра садиба плюс, 2015. – 273 с.

107. Третьяк В. М. Обоснование применения механического накопителя энергии для работы с почвообрабатывающими МТА / В. М. Третьяк, Р. В. Олядничук // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России : сб. науч. докладов Международной науч.-техн. конф., посв. 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики В. П. Горячкина (Москва, ВИМ, 17–18 сентября 2013г.) / Россельхозакадемия, ГНУ ВИМ Россельхозакадемии. – Ч. 2. – М., 2013. – С. 172 – 174.

108. Цымбал А.Г. Исследование некоторых физико-механических свойств предкавказского чернозема как основы для расчета почвообрабатывающих рабочих органов: Автореф. дис ... канд. техн. наук. – Волгоград, 1967. – 26 с.

109. Ширяев А.М. Влияние микрорельефа поля на устойчивость хода дискового сошника в почве // Записки ЛСХИ. Т. 109. – Л., 1966. – С. 106–114.

110. Great Plains / Product catalog. – Great Plains Manufacturing, Inc: Printed U.S.A., ВАС 13599 / 10/94. – 68 p.

111. Winter wheat survival. No – till plating gives the needed edge. / Ball W.S. Larsen J.K. // Crops and Soils Magazine. – 1985. – Vol.37, № 8. – P. 21–23.

112. Griffith, D. R., E.J. Kladviko, J. V. Mannering, T. D. West and S.D. Parsons. 1988. Long-term tillage and rotation effects on corn growth and yield on high and low organic matter, poorly drained soils. Agron. J. 80:599–605

113. Griffith, D.R., J.V. Mannering and T.D. West. 1988. Reduced tillage—what happened in '88; plans for '89. CES Paper No. 209, Purdue Univ., W. Lafayette, IN.

114. Aceves-Navarro, L. A., R. E. Neid and K. G. Hubbard. 1989. Agroclimatic normals for corn in the North Central Region. North Central Regional Research Publication, Institute of Agriculture and Natural Resources, Univ. of Nebraska, Lincoln, NE.

115. Kaspar, T.C., D.C. Erbach and R.M. Cruse. 1990. Corn response to seed-row residue removal. Soil Sci. Soc. Am. J. 43:1112–1117

116. Johnson, J.F., W.B. Voorhees, W.W. Nelson and G.W. Randall. 1990. Soybean growth and yield as affected by surface and subsurface compaction. Agron. J. 82:973–979.

117. Lowery, B. and R.T. Schuler. 1991. Temporal effects of subsoil compaction on soil strength and plant growth. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:216–233.
118. Bicki, T.J. and J. C. Siemens. 1991. Crop response to wheel compaction. *Trans. ASAE* 34(3): 909–913.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	10
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ОБОСНОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	13
1.1. Агротехнологические предпосылки к совершенствованию процессов обработки почвы.....	13
1.2. Анализ технологий и технических средств для обработки почвы под зерновые культуры.....	16
1.3. Особенности технологий возделывания зерновых культур с использованием сеялок прямого сева.....	26
1.4. Результаты исследований процессов работы сеялки прямого сева.....	29
Выводы.....	31
ГЛАВА 2. ТЕОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ.....	33
2.1. Разработка научной гипотезы процесса крошения почвы рабочими органами машин и орудий.....	33
2.2. Математическая модель напряженного состояния почвы под воздействием клина.....	35
2.3. Механико-математическое моделирование динамики функционирования машин и исследование их на устойчивость движения.....	48
2.4. Исследования комбинированной почвообрабатывающей машины на устойчивость ее движения	64
2.5. Методика построения математической модели устойчивости функционирования сеялки прямого сева.....	81
2.6. Устойчивость функционирования сошниковой системы с опорно- прикатывающим катком.....	81
2.7. Исследование устойчивости функционирования сеялки прямого сева.....	88
Выводы.....	96
ГЛАВА 3 ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЧИЗЕЛЬНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ.....	98
3.1 Обоснование геометрических параметров долота чизельной лапы.....	98
Выводы.....	108

ГЛАВА 4. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА.....	109
4.1. Программа экспериментальных исследований.....	109
4.2. Описание экспериментальных установок.....	109
4.3. Методика проведения экспериментальных исследований.....	112
4.3.1. Исследование процесса взаимодействия с почвой клина.....	112
4.3.2. Определение физико-механических свойств почвы.....	113
4.3.3. Исследование показателей работы дисковой сошниковой системы с опорно-прикатывающим катком	113
4.3.4. Исследование сошниковой системы на устойчивость движения.....	116
4.3.5 Экспериментальные исследования технологических процессов и рабочих органов машин для обработки почвы.....	118
4.4.1. Описание экспериментальной машины АПП-6.....	130
4.4.2. Описание экспериментальной машины «Мелания».....	131
4.4.3. Описание экспериментальной машины «Грэйт Плэйнз».....	131
4.4.4. Описание приставки прямого сева на базе трактора марки ХТЗ в технологии „No till”.....	134
Выводы.....	136
 ГЛАВА 5 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	138
5.1. Влияние разных способов прямого сева на рост и урожайность ярового ячменя в условиях Восточной Лесостепи Украины.....	138
5.2 Результаты экспериментальных исследований машины АПП-6.....	141
5.3 Результаты экспериментальных исследований машины „Мелания”.....	184
5.4 Результаты экспериментальных исследований машины «Грэйт Плэйнз»	190
5.5 Результаты экспериментальных исследований комбинированной машины “No-till” с трактором марки ХТЗ.....	230
Выводы.....	238
 ГЛАВА 6 ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ ОВОЩЕВОДСТВА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	240
6.1 Анализ существующих способов и технологий подготовки почвы под посев сельскохозяйственных культур.....	240
6.2 Условия и методика проведения исследований.....	245
6.2.1. Почвенно-климатические условия.....	245
6.2.2 Методика проведения исследований.....	245
6.3 Результаты исследований агрофизических показателей почвы.....	246
6.4 Пути снижения удельного давления на почву.....	249
6.5 Результаты испытаний гибкого элемента на культиваторе, предназначенном для предпосевной обработки почвы.....	250

6.6 Влияние технологий выращивания на рост и развитие овощных культур.....	255
6.7 Экономическая эффективность технологий выращивания овощных культур...	259
6.8 Особенности выращивания и уборки свеклы сахарной первого года с использованием постоянной колеи	260
6.9 Влияние применения технологии выращивания на физические свойства почвы.....	262
6.10 Экономическая эффективность.....	266
Выводы.....	269

ГЛАВА 7. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАШИН ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ИХ В ПРОИЗВОДСТВО	270
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ	274
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	278
БИБЛИОГРАФИЯ	309

Научное издание

**Владимир Филимонович Пащенко
Сергей Иванович Корниенко
Виталий Владимирович Ким
Артур Александрович Рожков
Александр Владимирович Нанка
Сергей Александрович Харченко
Александр Иванович Аникеев
Владимир Яковлевич Турчин
Никита Сергеевич Храмов
Константин Васильевич Седых**

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В СИСТЕМЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Для студентов инженерных специальностей,
аспирантов и научных сотрудников



Подп. к печати 15.09.2016. Формат 60x84/8. Гарнитура Таймс.
Объем: уч.-изд.л., 26,67 усл.-печ. л. 38,4 Тираж Заказ 28/092016

ТОВ "Планета-Прінт" м. Харків, вул. Фрунзе, 16
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
серія ДК № 4568 від 17.06.2013 р.
61002, м.Харків, вул.Фрунзе, 16

Друкарня: ФОП Томенко Ю.І., м. Харків, пл. Руднева, 4, Тел. 757-93-82