

## Abstract

### RISE OF MAXIMAL POWER DIESEL COMBUSTION ENGINE

M. Sandomirskiy, T. Kushnir, A. Plugatarev

*Possibilities for the further forcing of diesel engine on power are considered. It is shown, that for this purpose it is possible to use the additional serve of fuel with air which enters engine in the processes of admittance on condition of providing of homogeneous mixture.*

УДК 631.311.001.57

### ОЦІНКА СТІЙКОСТІ РУХУ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ НА МІЖРЯДНІЙ ОБРОБЦІ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР

Єсіпов О.В. к.т.н., доц., Поляшенко С.О. к.т.н., доц., Шуляк М.Л. асист.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Обґрунтовані закономірності з оцінки точності руху МТА на міжрядній  
обробці просапних культур.*

**Постановка проблеми.** Сучасні машинно-тракторні агрегати (МТА) рихлять ґрунт при обробці просапних культур захисними зонами 18-20 см обробляючи не більше 50 % площі. Для підвищення якості технологічних операцій з догляду за посівами просапних культур необхідно обробляти не менше 80 % площі міжрядь, при припустимому до 3 %, агротехнічними вимогами вирізанні культурних рослин. Це може буди досягнуто, в основному, за рахунок удосконалення системи автоводіння МТА.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є обґрунтування рекомендацій з підвищення точності руху при міжрядній обробці просапних культур.

**Основна частина.** При рішенні проблеми точності руху МТА зазвичай вирішується завдання підвищення їх функціональної точності, при якій оцінюється відхилення параметрів (погрешностей) системи від їх розрахункових (номінальних) значень, що виникають під впливом різних дестабілізуючих чинників [1, 2, 3, 4]. При цьому вивчається вихідний параметр  $x$  системи, що є рішенням функціональної задачі відповідно до цільового призначення технічної системи в цілому або її складових частин, вхідних сигналів, що характеризуються характеристиками  $S$  і параметрів схемних елементів системи  $q$ . Відповідно до цього модель системи будується у вигляді функціональної залежності

$$x = J(S, q). \quad (1)$$

Залежність (1) в загальному випадку відрізняється від потрібної. Для оцінки системи правильності відтворення залежності (1) вводиться поняття

ідеальної технічної системи, яка відтворює задану функцію з абсолютною точністю. У такій технічній системі зв'язок між якнайкращими розрахунковими (номінальними) значеннями вихідного параметра  $x_n$  і характеристик первинних величин  $S_n$  і  $q_n$  є заданою залежністю

$$x_n = J_n(S_n, q_n). \quad (2)$$

Насправді ідеальної технічної системи не існує, оскільки при створенні будь-якої системи і в процесі її експлуатації виникають різні відхилення величин  $S$  і  $q$  від номінальних значень. Ступінь відмінності реальної технічної системи від її ідеальної моделі оцінюється функціональною погрешністю

$$\Delta x = x - x_n, \quad (3)$$

що характеризує точність відтворення заданих функцій.

Таким чином, по залежності (3) для будь-якої технічної системи можна оцінити її функціональну точність, під якою розуміється здатність системи утримувати з певним ступенем близькості значення своїх параметрів біля таких значень при яких система функціонує ідеальним чином.

При визначенні функціональної точності руху тракторного агрегату з різними робочими знаряддями (навісні, напівнавісні, причіпні) оцінюється відхилення траєкторії руху агрегату від заданого напрямку руху, наприклад при міжрядній обробці просапних культур від оброблюваного рядка.

У загальному випадку руху тракторного агрегату з навісною машиною (знаряддям) її бічний зсув обмежується жорстким зв'язком з трактором. Це підтверджують експериментальні дослідження з колісними тракторами [5]. Для напівнавісних причіпних агрегатів різниця між заданим і фактичним курсом значною мірою залежить від типу машин і стану ґрунту. Для даних агрегатів крапка 3 (рис. 1) постійно знаходиться на траєкторії  $f(x)$  його кінематичного центру, а крапка 4 – на траєкторії руху центру машини [6].

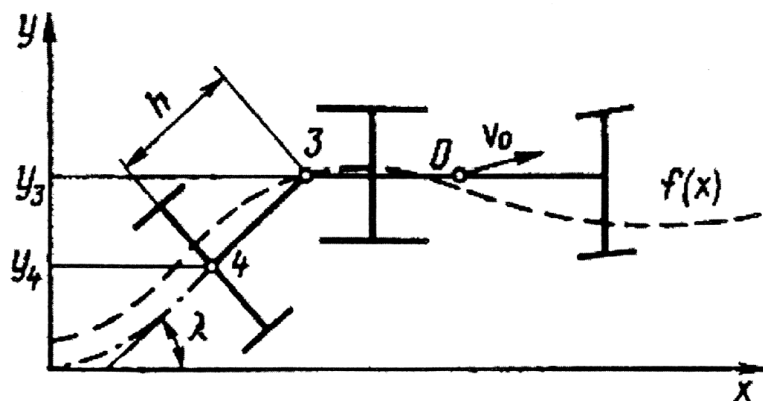


Рис. 1 – Схема руху напівнавісного агрегату по заданому курсу  $f(x)$

Взаємозв'язок траєкторії  $f(x)$  трактора і точки 4 робочі знаряддя при рівномірній швидкості  $v_0$  руху агрегату характеризується нелінійним

диференціальним рівнянням першого порядку

$$\dot{y}h^2 - \dot{y}^2 [f(x) - y]^2 - [f(x) - y]^2 = 0 \quad (4)$$

де:  $h = \ell_{34}$  – відстань між крапкою причепа і центром машини.

Загальне рішення рівняння неможливе, оскільки число функцій  $f(x)$  не обмежено. Тому в практичних цілях розглядають стрибкоподібні, пилоподібні і гармонійні зміни вхідного сигналу.

При оцінці функціональної точності руху машинно-тракторного агрегату при міжрядній обробці цукрового буряка розглядаються в основному гармонійні зміни вхідного сигналу. В цьому випадку траєкторія рядка цукрового буряка представляється умовно трьома гармонійними, накладеними один на одного кривими лініями [8, 9]. Основна крива обумовлена непрямолінійністю руху тракторного агрегату і має довжину 100...250 м, а амплітуду близько 0,5 м. Середні гармоніки з довжиною переходу 17...30 м і амплітудою близько 100 мм обумовлено в основному коливаннями сівалки щодо лінії тяги трактора. Малі гармоніки, обумовлені переважно поперечними коливаннями сошників сівалки, мають період 4...12 м і амплітуда 10...60 мм. Крім того, на двометровій довжині можна виявити розкиди осей рослин до 30 мм в кожену сторону, обумовлені неточним висівом.

У загальному випадку гармонійна зміна траєкторії (рис. 2) спостерігається, коли  $cf(x) = \sin \lambda$  [6, 7, 10].

Для даного випадку відповідно до (4) рівняння руху агрегату записується у вигляді:

$$\dot{y}h^2 - \dot{y}^2(\sin \lambda - y)^2 - (\sin \lambda - y)^2 = 0. \quad (5)$$

Рішення рівняння (5) при різних частотах і амплітудах гармонійної зміни траєкторії підтвердило великий вплив параметра  $h$  на відхилення від курсу руху тракторного агрегату (рис. 3).

За заданих початкових умов, обумовлених агротехнічними вимогами, для причіпних і навісних машин в діапазоні частот 0,5...50 с<sup>-1</sup> зрушення максимальних амплітуд не виявлено. При коректуванні курсу руху тракторного агрегату можна прийняти, що вихідний параметр в очікуваному діапазоні частот ( $0,08 < \vartheta < 1,5$  Гц) змінюється по експоненті.

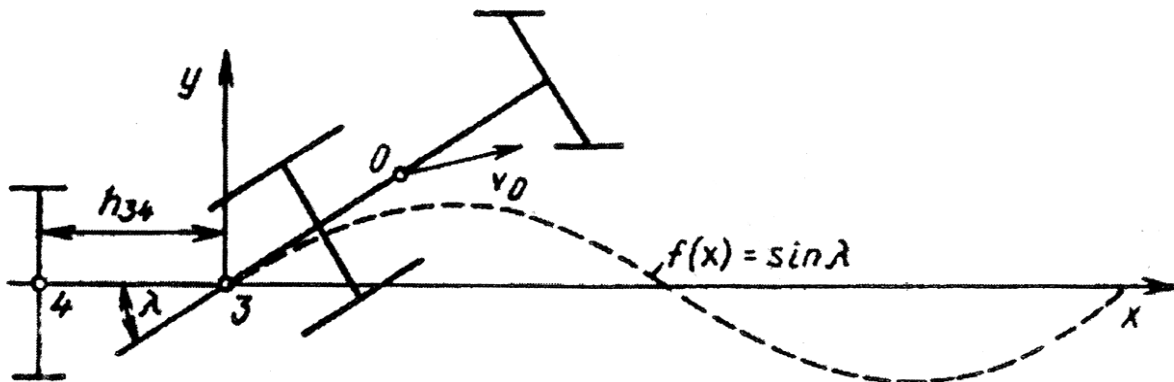


Рис. 2 – Схема руху точки причепа при гармонійній траєкторії  $f(x)$

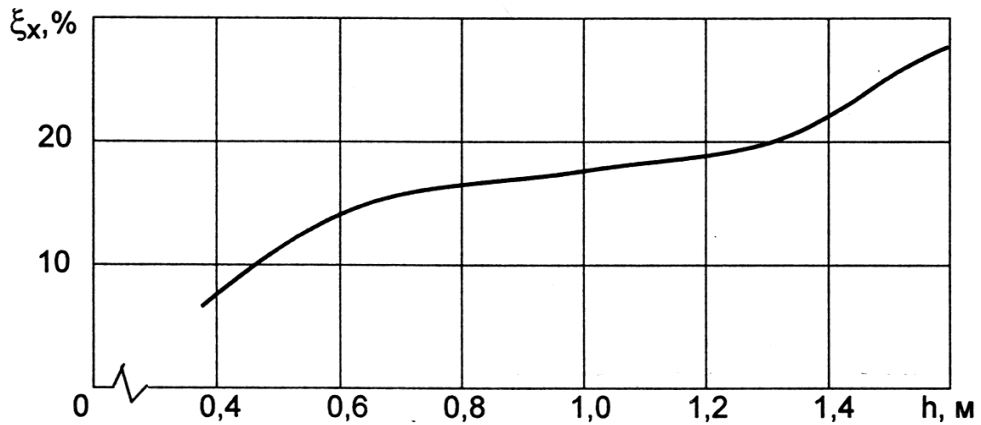


Рис. 3 – Відхилення  $\xi_x$  від курсу руху тракторного агрегату залежно від довжини  $h$  причіпної ланки.

Окрім гармонійних вхідних сигналів, що постійно діють на тракторний агрегат, при обробці просапних культур можлива стрибкоподібна (ступінчасте) зміна траєкторії руху, викликана наїздом на перепону, короткочасним коректуванням оператором напрямку руху і т.д. В цьому випадку при  $t \approx 0$  напівнавісна або причіпна машина відхиляється від подовжнього напрямку руху на  $\frac{h}{2}$ . Динаміку агрегату для даного випадку по рівнянню (4) можна оцінити за рівнянням [6]

$$\dot{y}^2 (h^2 - y^2) = 0. \quad (6)$$

Для причіпного знаряддя із збільшенням довжини причіпної ланки  $h$  збільшується шлях, необхідний для вирівнювання напрямку руху агрегату (рис. 4).

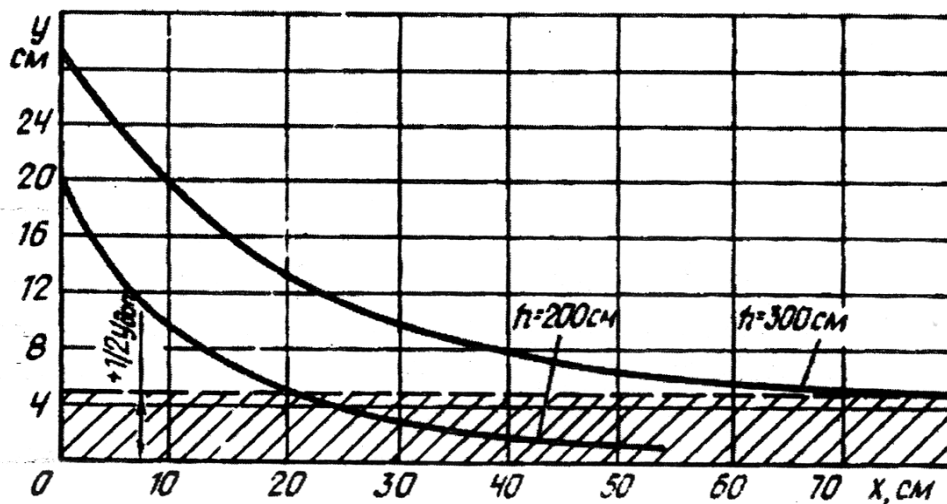


Рис. 4 – Залежність відхилення  $y$  в центрі причіпної ланки від його довжини  $h$  і шляхи  $x$  при вирівнюванні напрямку руху.

Аналіз динаміки агрегату з навісною або напівнавісною машиною показав, що при стрибкоподібній дії траєкторія руху агрегату може бути описана диференціальним рівнянням першого порядку (рис. 5).

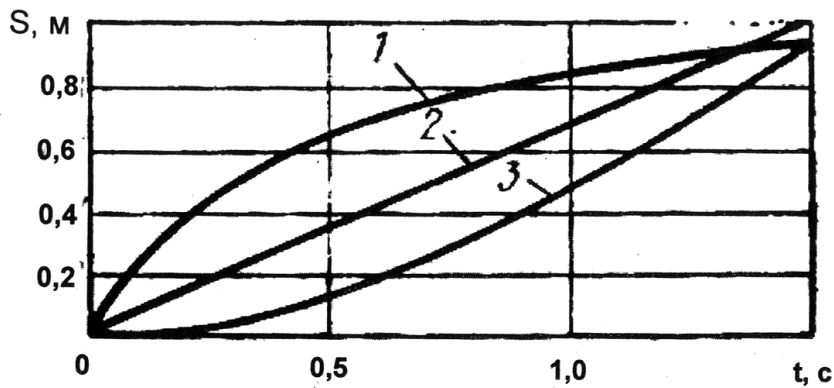


Рис. 5 – Перехідний процес  $S(t)$  агрегату при стрибкоподібній зміні траєкторії:

1 – зміна вхідного сигналу; 2 – його апроксимація; 3 – реакція агрегату.

При дослідженні динаміки тракторного агрегату, що істотно впливає на точність його руху, агрегат розглядається як система, що працює в умовах зовнішніх дій, що змінюються, обумовлених різноманітними чинниками [11, 12]. Такими чинниками є: нерівності поверхні поля, фізико-механічні властивості ґрунту, біологічний урожай і т.д. В цьому випадку функціонування тракторного агрегату необхідно розглядати як реакцію на зовнішні обурення і керуючі дії. Як вхідні змінні приймаються усі зовнішні обурення (умови роботи) і керуючі дії (з боку водія або керуючих властивостей), що характеризуються конкретними фізичними величинами (сили, моменти сил, переміщення і т.д.), а вихідних параметрів – сукупність параметрів, які визначають якість роботи машини, енергетичні і технологічні показники і т.д.

У загальному випадку розрахункова блок-схема сільськогосподарського агрегату представляється у вигляді системи [7], на вході якої діють вектори-функції зовнішніх обурень  $F = \{f_1(t), f_2(t), \dots, f_i(t), \dots, f_n(t)\}$  і управління  $U = \{u_1(t), u_2(t), \dots, u_k(t)\}$ . Вихідні змінні представлені вектор-функцією  $Y = \{y_1(t), y_2(t), \dots, y_m(t)\}$  (рис. 6).

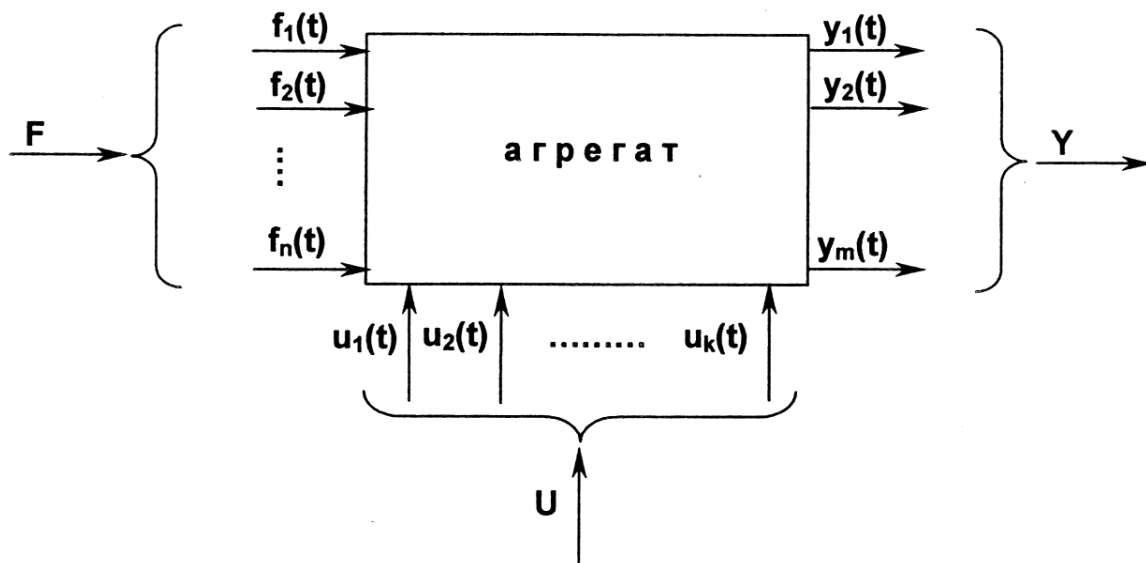


Рис. 6 – Блок-схема сільськогосподарського агрегату.

При номінальних значеннях вихідних параметрів, що характеризуються вектор-функцією  $Y_n$  точність функціонування сільськогосподарського агрегату по залежності (3) записується у вигляді  $\Delta x = Y - Y_n$ . При аналізі динаміки навісних сільськогосподарських агрегатів динамічна система розглядається як система з багатьма мірами свободи, яку можна розглядати такою, що складається з двох незв'язаних рухів [10]:

- руху, визначуваного узагальненими координатами агрегату в подовжньо-вертикальній площині;
- руху, визначуваного узагальненими координатами в горизонтальній і поперечній-вертикальній площині.

Вихідними параметрами даної моделі є кут повороту керованих коліс і функції обурення, що викликають відхилення напрямку руху агрегату.

Дана модель враховує тільки дію на керовані колеса трактора. При міжрядній обробці просапних культур можлива корекція зсуву навісної сільськогосподарської машини щодо напрямку руху агрегату [8]. В цьому випадку при розблокованій навісній системі трактора поперечний зсув сільськогосподарської машини досягається дією на її керовані колеса (рис. 7).

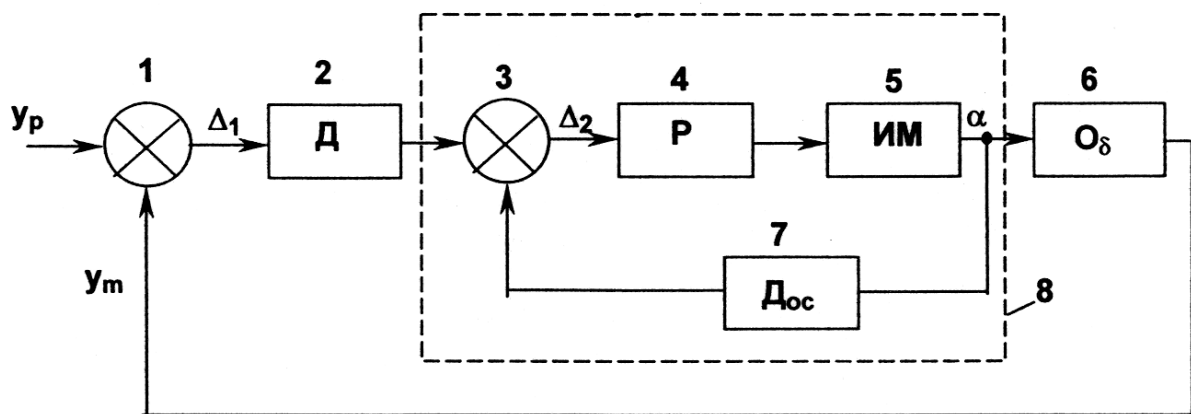


Рис. 7 – Блок-схема двоконтурної системи керування тракторним агрегатом: 1,3 – суматори; 2 – копіюючий датчик; 4 – регулятор; 5 – виконавчий механізм; 6 – об'єкт керування; 7 – датчик зворотного зв'язку; 8 – внутрішній контур керування.

У даній системі керування вхідною дією зовнішнього контуру керування (блоки 1,2,6) є координата базової лінії (рядок рослини, борозна і т.д.), а внутрішнього (блоки 3,4,5,7) – величина різниці координат базової лінії і об'єкту керування.

При дії безпосередньо на сільськогосподарську машину, наприклад за допомогою гідроциліндра, корекція положення машини забезпечується одноконтурною системою керування (рис. 8). У даній системі керування вхідною дією є координата базової лінії.

Системи керування (одноконтурні, двоконтурні), як правило, об'єднані з гідроприводом рульового керування, унаслідок чого забезпечується рух тракторного агрегату як в режимі автоматичного, так і ручного керування. Наприклад, в гідравлічній системі самохідної машини (рис. 9) [14], що містить гідророзподільник рульового механізму, кінематично пов'язаний з рульовим

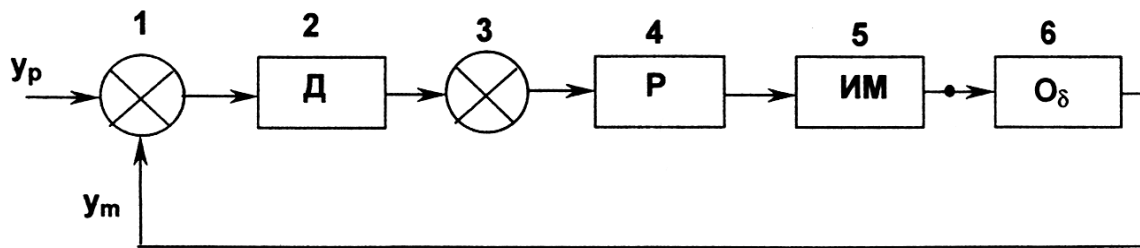


Рис. 8 – Блок-схема одноконтурної системи керування тракторним агрегатом:

1,3 – суматори; 2 – копіюючий датчик; 4 – регулятор; 5 – виконавчий механізм; 6 – об'єкт керування.

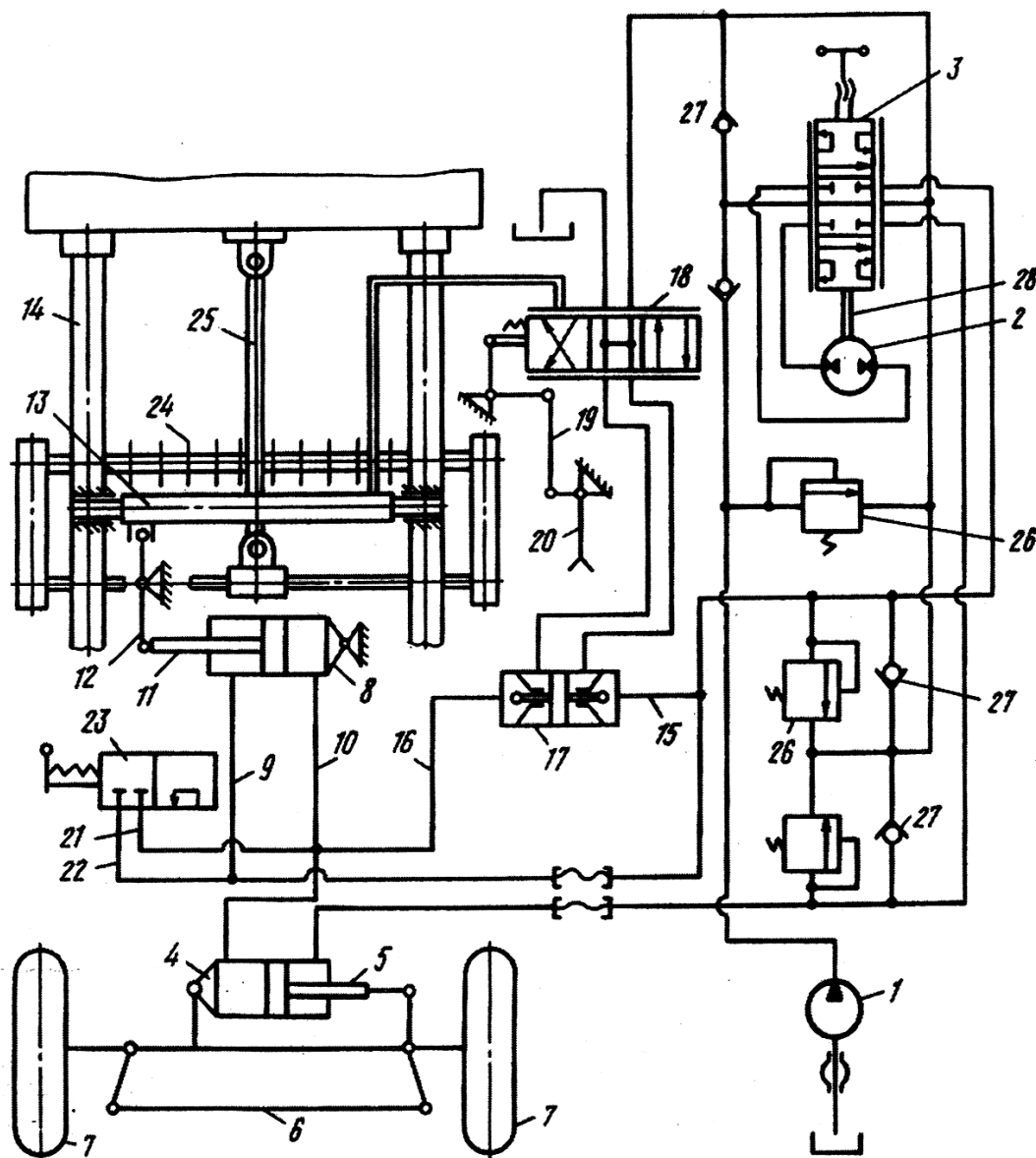


Рис. 9 – Гідралічна система самохідної машини:

1 – об'ємний насос; 2 – насос-дозатор; 3, 18, 23 – гідророзподільники; 4, 8 – гідроциліндри; 5, 11 – штки гідроциліндрів; 6 – рульова трапеція; 7 – керовані колеса; 9, 10, 15, 16 – трубопроводи; 12, 19 – важелі; 13 – механізм поперечного зсуву; 14 – рама; 17 – гідрозамок; 20 – копір; 24 – робочі органи; 25 – карданна передача; 26, 27 – переливний і зворотний гідроклапани; 28 – механічний зв'язок.

колесом і гідравлічно сполучений з насосом, гідробак і з однією порожниною виконавчого гідроциліндра повороту, і гідроциліндр механізму поперечного переміщення робочого органу, з метою підвищення якості її роботи за рахунок збільшення точності переміщення робочого органу, вона забезпечена двома додатковими гідророзподільниками, гідрозамком і копиром, механічно пов'язаним з рухомим елементом одного з додаткових гідророзподільником, корпус якого пов'язаний з механізмом поперечного переміщення, а сам гідророзподільник виконаний чотирьохлінійним трьохпозиційним, перша лінія якого сполучена з гідробаком, друга, – з гідророзподільником рульового механізму, а третя і четверта лінії через гідрозамок – з двома лініями іншого додаткового гідророзподільника, виконаного двохлінійним двохпозиційним з ручним управлінням, з порожнинами гідроциліндра механізму поперечного переміщення робочого органу і з іншою порожниною виконавчого гідроциліндра повороту, причому в нейтральній позиції одного додаткового гідророзподільника всі його лінії сполучені між собою, в одній з крайніх позицій перша лінія сполучена з третьою, друга - з четвертою, а в іншій перша лінія сполучена з четвертою, друга – з третьою, а в одній з позицій іншого додаткового гідророзподільника його лінії сполучені між собою.

**Висновки.** У одноконтурних, так і в двоконтурних системах керування об'єктом регулювання є машинно-тракторні агрегати, до складу яких можуть входити як гусеничні, так і колісні трактори. Оцінка стійкості руху тракторних агрегатів при обробці просапних культур [15] показала, що по точності водіння кероване навішування (одноконтурна система управління) прийнятне для гусеничного трактора. При управлінні напрямом руху культиватора за допомогою керованих коліс (двоконтурна система управління) можливе використання колісного і гусеничного тракторів.

### Список використаних джерел

1. Савин С.К. оценка качества функционирования сложных технических систем с учетом характеристик точности // Изв. АН СССР. – Техническая кибернетика, 1980. – №5. – С. 209-213.
2. Калоев А.В. Основы проектирования систем автоматического вождения самоходных машин. – М.: Машиностроение, 1978. – 152 с.
3. Коденко М.Н., Лебедев А.Т. Автоматизация тракторных агрегатов. – М.: Машиностроение, 1969. – 196 с.
4. Литинский С.А. Автоматизация вождения самоходных машин. – М.-Л.: Энергия, 1966. – 234 с.
5. Kollar L. Beitrag zur Automatisierung der Lenkung zweigliedriger allradangetriebener Aggregate auf nachgiebigen Boden: Diss. Dr.-ung. – Magdeburg. 1976.
6. Автоматизация в растениеводстве / С.А. Иофинов, Л. Коллар, П. Оберлэндер и др. – М.: Агропромиздат, 1992. – 239 с.
7. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления / А.Б. Лурье, Н.С. Нагорский, В.Г. Озеров и др. Под ред. А.Б. Лурье. – Л.:



- Колос, Ленинградское отд-ние, 1979. – 321 с.
8. Автоматика и автоматизация сельскохозяйственных машин / Носов Г.Р., Кондратец В.А., Сакало Л.Г., Серeda Л.И. – К.: Вища школа, Головное изд-во, 1984. – 248 с.
  9. Кузьминов В.Г., Покуса А.А., Иоффе М.З. Статистический анализ прямолинейности рядков свеклы // Мех. и электр. соц. сел. хоз-ва. – 1976. - №12. – С.41-42.
  10. Лурье А.Б. Динамика регулирования навесных сельскохозяйственных агрегатов. – Л.: Машиностроение, 1969. – 288 с.
  11. Гячев Л.В. Динамика машинно-тракторных и автомобильных агрегатов. Изд-во Ростовского ун-та, 1976. – 192 с.
  12. Гельфенбейн С.П. Основы автоматизации сельскохозяйственных агрегатов. – М.: Колос, 1975. – 384 с.
  13. Лурье А.Б. Об уравнениях движения навесных сельскохозяйственных агрегатов. – Л.: Машиностроение, 1969. – 288 с.
  14. А.с. 1248877 СССР, кл. В62D5/06. Гидравлическая система самоходной машины / А.Т. Лебедев, В.Н. Антощенко, С.Я. Парфенов, Н.Н. Лысенко, С.М. Панасенко (СССР) - №3876234/27-11; Заявл. 05.02.85; Опубл. 07.08.86, Бюл. №29. – 4 с.
  15. Лебедев А.Т., Парфенов С.Я., Антощенко В.Н. Устойчивость движения тракторных агрегатов при обработке пропашных культур // Повышение технического уровня и качества энергонасыщенных тракторов. Сб.науч.тр. УСХА. – К.: 1988. – С. 8-17.

#### **Аннотация**

### **ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА НА МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКЕ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР**

Есипов А.В, Поляшенко С.О, Шуляк М.Л.

*Обоснованы закономерности по оценке точности движения МТА на междурядной обработке пропашных культур.*

#### **Abstract**

### **AN ESTIMATION OF FIRMNESS OF MOTION OF AGGREGATE IS ON INTERROW TREATMENT OF THE CULTIVATED CULTURES**

A. Esipov, S. Polyashenko, M. Shulyak

*The given method and examples of definition of probable characteristics of factor of a condition of ecology at work MTU.*