

УПРАВЛЕНИЕ СРОКАМИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕВЫХ РАБОТ

Мельник В.И., д.т.н., Чигрина С.А., инж.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

Применительно к условиям Харьковской области изучается взаимосвязь между оптимальными сроками проведения полевых работ в растениеводстве, крутизной и экспозицией склонов на которых располагаются поля. Полученные данные рекомендуется использовать для минимизации потребности в технике.

Постановка проблемы. В структуре себестоимости продукции растениеводства наибольшую долю уже много лет неизменно занимают совокупные расходы на механизацию. Вторая позиция приходится на химизацию [1]. Если подробнее изучить этот вопрос, то обнаружится, что химизация в значительной мере является попыткой минимизировать затраты на технику. Так борьба с сорняками могла бы выполняться более экологичным, но к сожалению и более затратным механизированным методом, а выполняется, зачастую, путем применения гербицидов, нанося колоссальный вред окружающей среде и человечеству в том числе. Особенно в этом “преуспели” аграрии дальнего зарубежья, особенно США [2]. Мы же в дальнейшем остановимся на повышении эффективности машиноиспользования заботясь об увеличении годовой выработки техники, не прибегая к ее замене чем либо. В конечном итоге это позволит расширить применение механизированных обработок почвы взамен химических и тем самым попутно улучшить экологичность земледелия в целом.

Состояние вопроса. Повысить годовую выработку, имеющейся техники наряду с иными мероприятиями, можно тремя способами: первый — увеличением объемов выполнения одноименных работ за счет увеличения размеров полей [3,4]; второй — увеличением разнообразия выполняемых работ, в том числе и на разных полях за счет ухода от монокультуры и применения севооборота [5]; третий — смещением сроков выполнения одноименных работ на одноименных полях разных севооборотов [6]. В настоящей работе мы остановимся на последнем. Его смысл состоит в том, что учитывая рельеф и почвенноклиматические условия, которые складываются в хозяйстве на каждом из полей в отдельности, грамотно располагая одноименные поля разных севооборотов можно сместить оптимальные сроки выполнения одноименных полевых работ и тем самым увеличить удельную загрузку имеющейся техники.

Известно, что суточный ход температуры почвы зависит от экспозиции склонов, т.е. от того, как ориентирован наклон данного участка поверхности поля по отношению к сторонам света. Ночное излучение одинаково на склонах любой ориентации, но дневное нагревание почвы наибольшее на южных склонах и наименьшее на северных [7]. Весной, когда солнце стоит еще низко

над горизонтом, на широте Москвы увеличение южного склона только на один градус как бы переносит местность к климату на 100 км южнее [8]. В конечном итоге это сказывается на смещении оптимальных сроков проведения одноименных полевых работ.

Целью настоящих исследований является получение практически ценной информации, т.е. математических выражений и корректирующих коэффициентов, применив которые можно было бы прогнозировать сроки выполнения полевых работ на полях с разной крутизной и экспозицией склонов.

Результаты исследований. Поставленную цель реализуем на примере имеющихся многолетних данных по Харьковской области (табл. 1).

Таблица 1 – Среднемноголетние даты наступления мягкопластического состояния почвы и перехода среднесуточной температуры воздуха через +5°С в местах расположения метеостанций Харьковской области

Месторасположение метеостанции			Дата перехода температуры воздуха через +5° С	Дата наступления мягкопластического состояния почвы
Населенный пункт	Широта	Долгота		
1	2	3	4	5
1. г. Золочев	50°17'00"	35°58'12"	01 марта	11 апреля
2. г. Богодухов	50°09'39"	35°30'59"	01 марта	08 апреля
3. пос. Приколотное В-Бурлукского р-на	50°09'31"	37°21'24"	01 марта	12 апреля
4. г. Харьков	50°00'00"	36°15'00"	31 марта	09 апреля
5. п.г.т. Коломак	49°50'24"	35°17'56"	31 марта	10 апреля
6. пос. Комсомольский Змеевского р-на	49°35'54"	36°31'41"	29 марта	05 апреля
7. г. Купянск	49°22'23"	37°37'00"	29 марта	06 апреля
8. г. Красноград	49°22'19"	35°27'25"	30 марта	07 апреля
9. г. Изюм	49°13'26"	37°17'29"	28 марта	05 апреля
10. г. Лозовая	48°53'21"	36°18'58"	30 марта	06 апреля

Применяемая в работе методика (исключая конкретные значения дат и коэффициентов) остается справедливой для всей территории Украины, но, все же, корректнее ее применять для умеренно холмистой местности. В горных районах Западной части Украины более значимыми могут оказаться иные факторы, а, значит, для них, вероятно, понадобятся некоторые корректировки методики. Для южных равнинных районов она не применима вовсе, по причине исчезновения самого предмета исследований.

Чтобы выяснить под каким углом солнечный луч падает на горизонтальную поверхность в конкретной точке Земли с заданной широтой и долготой обратимся к астрономическим методам [9]. Для изучения расположения и движения Солнца по отношению к Земле воспользуемся

сферической системой координат, в которой положение тела определяется двумя углами и расстоянием. При этом положение светила (Солнца) M удобно проецировать на небесную сферу рис. 1, под которой понимаем сферу произвольного радиуса с центром в точке наблюдения O , которая находится на Земле. Для наблюдателя вращение небесной сферы воспроизводит суточное движение светил на небе. Положение точки наблюдения O на Земле определяются географической широтой φ и долготой λ .

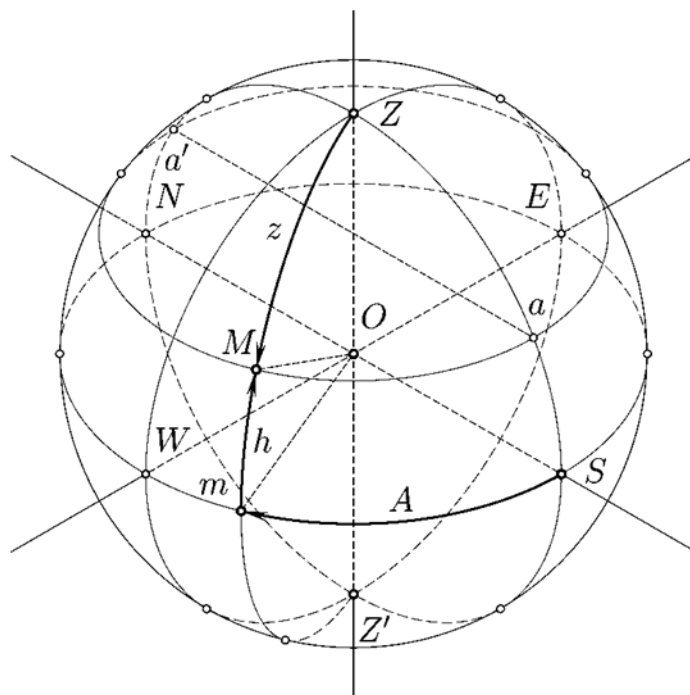


Рис. 1 – Небесная сфера и горизонтальная система координат

Прямая ZOZ' , проходящая через центр O небесной сферы и совпадающая с направлением нити отвеса в месте наблюдения, называется отвесной, или вертикальной линией. Она пересекается с поверхностью небесной сферы в двух точках: в зените Z , над головой наблюдателя, и в диаметрально противоположной точке - надире Z' .

Большой круг небесной сферы $SWNE$, плоскость которого перпендикулярна к отвесной линии, называется математическим горизонтом. Он делит поверхность небесной сферы на две половины: видимую для наблюдателя, с вершиной в зените Z , и невидимую, с вершиной в надире Z' .

Малый круг небесной сферы aMa' , проходящий через светило, плоскость которого параллельна плоскости математического горизонта, называется альмукантаратом светила.

Точки E и W на окружности математического горизонта именуют точками востока и запада. Линия NOS перпендикулярна EOW и называется полуденной линией. Ее положение определяется направлением плоскости $SZNZ'$ в истинный полдень, когда Солнце находится максимально высоко над линией математического горизонта $SWNE$.

С учетом принятых обозначений, положение Солнца на небесной сфере можно задать двумя угловыми координатами: h высота светила над горизонтом

и A азимут светила. В истинный полдень $A = 0$. При этом h достигает своего максимального значения $h|_{A=0} = h_{max}$. Для вычисления h иногда удобно пользоваться зенитным расстоянием z . Это также угловая величина. Для зенитного расстояния z и высоты светила h всегда справедливо соотношение [9]

$$z + h = 90^\circ \quad (1)$$

Поскольку климат в данной местности в первую очередь определяется высотой хода светила, чем больше $h|_{A=0} = h_{max}$ тем теплее, то в дальнейшем мы будем подразумевать, что $A = 0$, а обозначения h и h_{max} – тождественны.

Если пренебречь рядом нюансов, то для Солнца связь между географической широтой φ точки O на местности и высотой светила h определяется выражением [9]

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta, \quad (2)$$

где δ – склонение Солнца, которое вычисляется по формуле [10]

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + n}{365}\right), \quad (3)$$

где $n \in \{1, 2, \dots, 365\}$ – порядковый номер дня, который отсчитывается от 1-го января.

Из выражения (2) видно, что изменение высоты светила на один градус можно получить переместившись на Юг (по линии долготы – меридиану) также на один градус, или примерно на 111 км [9].

По срокам созревания почвы, прогрева воздуха и наступления оптимальных агроклиматических условий для посева или посадки сельхозкультур перемещение на Юг на столь значительные расстояния безусловно скажется весьма существенно. Разница в сроках составит минимум несколько дней. Похожего эффекта можно добиться если сравнивать два поля, которые находятся на одной и той же широте (возможно почти по соседству), но отличающиеся направлением и величиной склона. Чем больше южный склон и чем больше территория для которой он характерен, тем больше смещение упомянутых сроков. Разумеется нельзя ожидать, что наклон поля на один градус на Юг по агротехническим срокам будет полностью эквивалентен перемещению на Юг на те же 111 км. Об этом речь не идет. Можно говорить лишь о положительной корреляции между величиной склона и смещением упомянутых сроков. Можно также определить максимальные (предельные) значения смещения этих сроков. Они равны тем смещениям, которые характерны для данной местности при изменении широты на один градус.

Рассмотрим вероятностную связь между сроками, приведенными в табл. 1 и широтой мест нахождения метеостанций, для которых определены эти сроки, а также выполним линейную аппроксимацию, имеющих данных, выражением

$$n_i = k_i^\varphi \varphi + b_i^\varphi, \quad (4)$$

где: n – порядковый номер дня наступления оптимальных агротехнических условий для i -го события;
 φ – географическая широта, для которой определяется оптимальный срок;
 k_i^φ и b_i^φ – угловой коэффициент и смещение (статистические величины).

Угловой коэффициент k_i^φ показывает на сколько дней сместятся оптимальные сроки i -го события если широта местности изменится на единицу. С другой стороны k_i^φ это искомое предельное значение смещения сроков, которое можно ожидать на полях, склоны которых отличаются на ту же угловую единицу. Чем более идентичны поля, и чем они больше по размеру, тем ближе фактическое смещение сроков к величине k_i^φ .

На рис. 2 представлены графики линейной аппроксимации, представленных в табл. 1, дат в их взаимосвязи с широтой мест расположения метеостанций.

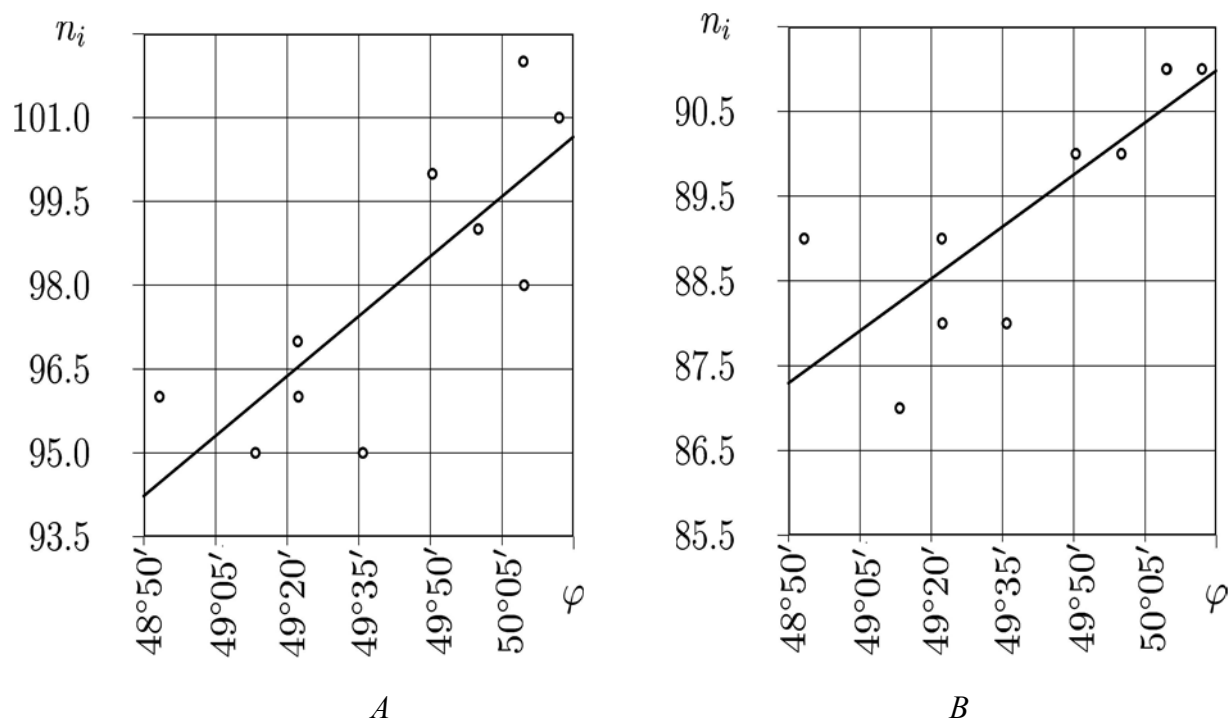


Рис. 2 – Линейная аппроксимация вероятностно-функциональных связей между географической широтой мест расположения метеостанций Харьковской области и среднегодовыми датами наступления мягкопластического состояния почвы (А) и перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^\circ \text{C}$ (В)

Из графиков видна устойчивая закономерность между величиной широты (φ) местности и сроками наступления агротехнически обусловленных событий (табл. 1).

Аналогичным образом была проведена линейная аппроксимация, представленных в табл. 1, дат, рассматриваемых во взаимосвязи с долготой λ

мест расположения метеостанций

$$n_i = k_i^\lambda \lambda + b_i^\lambda \quad (5)$$

где: k_i^λ и b_i^λ – угловой коэффициент и смещение (статистические величины).

Угловой коэффициент k_i^λ показывает на сколько дней сместятся оптимальные сроки i -го события, если долгота местности изменится на единицу. С углом и направлением склона поля величины k_i^λ и b_i^λ не должны быть связаны.

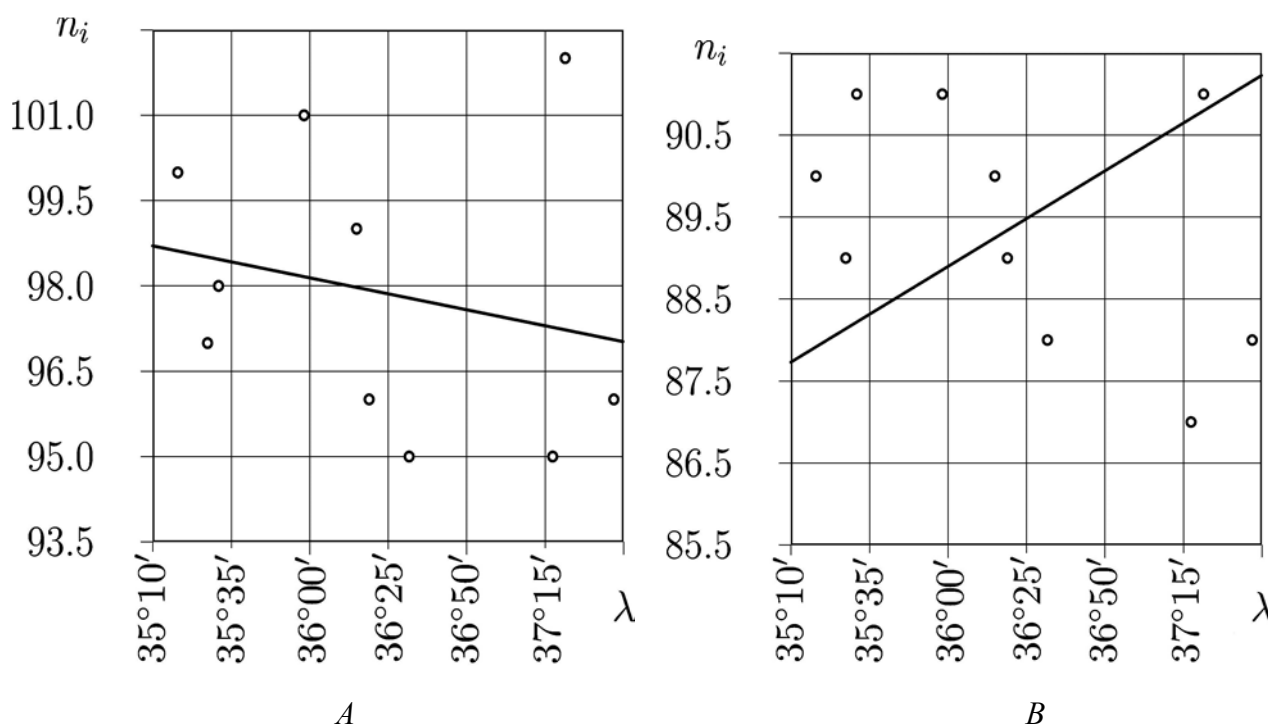


Рис. 3 – Линейная аппроксимация вероятностно-функциональных связей между географической долготой мест расположения метеостанций Харьковской области и среднемноголетними датами наступления мягкопластического состояния почвы (А) и перехода средне суточной температуры воздуха через $+5^\circ \text{C}$ (В)

В табл. 3 представлены угловые коэффициенты k_i^φ и k_i^λ для аппроксимирующих прямых и коэффициенты корреляции Пирсона $\mathbb{R}_{(\varphi, n_i)}$ и $\mathbb{R}_{(\lambda, n_i)}$.

Из анализа коэффициентов корреляции Пирсона $\mathbb{R}_{(\varphi, n_i)}$ (табл. 3), отражающих вероятностно-функциональные связи между географической широтой месторасположения метеостанций Харьковской области и датами наступления ряда агротехнически обусловленных событий видно, что они всегда положительны $\mathbb{R}_{(\varphi, n_i)} \in [0,80; 0,81]$. В связи с этим положительными являются и значения угловых коэффициентов k_i^φ . Интервал возможных значений $k_i^\varphi \in [2,4573; 4,2874]$ указывает на то, что при изменении наклона поля в направлении Север-Юг на один градус может привести к смещению

оптимальных агротехнических сроков выполнения полевых работ на 2—4 дня. Минимальное возможное смещение оптимальных сроков характерно для посева ранних зерновых культур и составляет 2 дня на градус наклона поля, а максимальное (4 дня) — для начала проведения весенних полевых работ. Есть общая тенденция — чем позже оптимальный срок агротехнического события, тем больше возможное смещение его в случае негоризонтального поля.

Таблица 3 – Результаты математической обработки вероятностно-функциональных связей между географической широтой или долготой мест расположения метеостанций Харьковской области и датами наступления ряда агротехнически обусловленных событий

Статистическое событие	Коэффициент корреляции Пирсона		Угловой коэффициент		Номер рисунка	
	$R_{(\varphi, n_i)}$ –с широтой	$R_{(\lambda, n_i)}$ –с долготой	k_i^φ — для широты	k_i^λ — для долготы	Для широты	Для долготы
1	2	3	4	5	6	7
1. Дата наступления мягкопластического состояния почвы	0,80	-0,22	4,2874	-0,6738	2А	3А
2. Дата перехода температуры воздуха через +5° С	0,81	0,82	2,4573	1,3995	2В	3В

Из анализа коэффициентов корреляции Пирсона $R_{(\lambda, n_i)}$ (табл. 3), отражающих вероятностно-функциональные связи между географической долготой мест расположения метеостанций Харьковской области и датами наступления ряда агротехнически обусловленных событий видно, что они не всегда положительны и по абсолютному значению укладываются в интервал $|R_{(\lambda, n_i)}| \in [0,22; 0,82]$. В связи с этим не всегда положительными являются и значения угловых коэффициентов k_i^λ . Их интервал, возможных абсолютных значений, следующий – $k_i^\lambda \in [0,6738; 1.3995]$.

Из этого следует, что изменение положения поля по долготе в меньшей степени сказывается на смещении интервалов оптимальных сроков проведения изучаемых агротехнических мероприятий. Кроме того, нет однозначности между тем в какую сторону может произойти ожидаемое смещение сроков. Следует также заметить, что сама корреляция между оптимальными сроками проведения агротехнических мероприятий и долготой места расположения метеостанций во многом связано с тем, что сами широты и долготы мест расположения метеостанций существенно коррелируют между собой - $R_{(\varphi, \lambda)} = -0,25$. В первую очередь именно с этим связано наличие корреляций $R_{(\lambda, n_i)}$ (табл. 3). Исключить эту взаимосвязь можно если рассмотреть данные по минимально удаленных от Харьковской области метеостанций. В таком случае часть из тех метеостанций, данные которых мы приводили выше, можно было бы исключить из рассмотрения. Причем выполнять это необходимо таким

образом, чтобы минимизировать корреляцию $R_{(\varphi, \lambda)}$. Все это можно было бы выполнить, если бы информация по метеостанциям была открыта для исследователей. В рыночных условиях такая информация является коммерческой и получение ее требует оплаты. В связи с этим в текущей работе проведен анализ только тех данных, которые доступны авторам.

Выводы

1. Наклон поля в направлении Север-Юг приводит к смещению агротехнически обусловленных сроков.
2. При размещении одноименных полей разных севооборотов необходимо позаботиться о том, чтобы величина и направление склона полей (по линии Север-Юг) не совпадали. Это позволит разнести во времени сроки проведения полевых работ и уменьшить накладки. В конечном итоге это приведет к снижению потребности в технике.
3. Смещение сроков проведения полевых работ, вызванное расположением поля на склоне, для Харьковской области может составить 2-4 дня на каждый градус уклона. Этот эффект может усиливаться и ослабевать в зависимости от вариаций по виду почв, наличию/отсутствию посадок и пр.
4. Расположение поля по долготе в меньшей степени сказывается на смещении интервалов оптимальных сроков проведения изучаемых агротехнических мероприятий.
5. Приведенный выше метод минимизации потребности в технике является самым экономически выгодным и самым экологически эффективным, т.к. он не требует никаких финансовых затрат и не предполагает увеличения интенсивности воздействия на окружающую среду.
6. Реализовать, предлагаемые в работе, преимущества можно только в условиях крупноплощадного земледелия, основанного на повсеместном применении севооборотов. Это также экологически важный положительный аспект.

Список использованных источников

1. Економіка технічного забезпечення сільського господарства за рубежом [Текст]// Новини агротехніки. – 2000. – №2. – С. 10-13.
2. Сайко В. Актуальні проблеми землеробства: простих шляхів мінімалізації обробітку ґрунту не буває [Текст] / В. Сайко // Техніка АПК. – 2008. – №1. – С. 8-14.
3. Мельник, В.І. Оцінка потреби сільгосп підприємств в техніці [Текст]/ В.І.Мельник, С.А.Чигрина // Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – Вип. 8. – Т. 1. – С. 58-65.
4. Мельник, В. І. Ефективність використання техніки на полях з різною довжиною гону [Текст]/ В.І.Мельник, С.А.Чигрина // Механізація

- сільськогосподарського виробництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Вип. 75, Т. 2 / Харків: Друкарня ФОП Червяк В.Є., 2008. – С. 42-45.
5. Мельник, В.И. Потребность в технике как функция специализации и размера хозяйства [Текст]/ В.И.Мельник, С.А.Чигрина // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2009. – №4. – С. 8-12.
 6. Мельник, В.И. Микроклимат каждого из полей, как фактор влияния на темпы проведения работ и потребность в технике [Текст]/ В.И.Мельник, С.А.Чигрина // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 39 / Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 319-325.
 7. Михеев, В.А. Климатология и метеорология [Текст]: учеб. пособие / сост. В.А.Михеев //— Ульяновск: УлГТУ, 2009. – 114 с.
 8. Русин, Н.П. Климат сельскохозяйственных полей [Текст]/ Н.П.Русин. – Л., Гидрометеиздат, 1955 – 76 с.
 9. Кононович, Э.В. Общий курс астрономии [Текст]: учеб. пособие / Э.В.Кононович, В.И.Мороз; под. ред. В.В.Иванова. – [изд. 2-е, испр.]. – М.: Едиториал УРСС, 2004. - 544 с.
 10. Джамаль В. Хусейн. Оптимизация угла наклона солнечных коллекторов в гелиосистеме [Текст]/ Джамаль В. Хусейн, А.Е.Денисова, А.В.Дорошенко // Труды Одесского политехнического университета. Вип. 2(28) / Одесса: ОПИ, 2007. – С. 1-6.

Анотація

УПРАВЛІННЯ СТРОКАМИ ВИКОНАННЯ ПОЛЬОВИХ РОБІТ

Мельник В.І., Чигрина С.А.

Стосовно умов Харківської області вивчається взаємозв'язок між оптимальними термінами проведення польових робіт в рослинництві, та експозицією схилів на яких знаходяться поля і кутом їх нахилу. Отримані дані рекомендується використовувати для мінімізації потреби в техніці.

Abstract

MANAGEMENT TERMS OF IMPLEMENTATION OF THE FIELD WORKS

V. Melnik, S. Chygryna

As it applies to the terms of the Kharkov area intercommunication is studied between the optimum terms of leadthrough of the field works in a plant-grower, a steepness and display of slopes on which is dispose the fields. It is recommended to use findings for minimization a requirement in a technique.