

Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 2 (46). С. 70–77  
Vestnik Kurganskoy GSNA. 2023; (2–46): 70–77

**Научная статья**

УДК 633/635:631.5

EDN: XPHPJQ

Код ВАК 4.3.1

## ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЧВОЗАЩИТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ СТЕПНОЙ ЗОНЫ

Геннадий Андреевич Окунев<sup>1</sup>, Николай Александрович Кузнецов<sup>2✉</sup>, Санжар Сабетович Канатпаев<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Южно-Уральский государственный аграрный университет», Троицк, Россия

<sup>1</sup> okunev.1942@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6656-8366>

<sup>2</sup> kuznetcof@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-8713-9974>

<sup>3</sup> s.kanatpaev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9995-655X>

**Аннотация.** Цель исследований – проведение оценки трансформации механизированных процессов на основе технологии почвозащитного земледелия степной зоны Южного Урала; подготовка исходной информации для рациональной организации выполнения основных полевых работ на примере хозяйства зернового направления; технико-экономическое моделирование механизированных процессов в земледелии, системный подход исследования проблемы, комплексный анализ достижений науки и практики в её реализации, процессуальный анализ развития технологических процессов. Представлен анализ природно-климатических и организационно-хозяйственных условий производства зерновых культур в одном из отделений сельскохозяйственного подразделения Южного Урала. Отражены основные проблемы реализации в данном отделении ресурсосберегающей технологии возделывания зерновых культур. Показан основной вид сельскохозяйственных культур, позволяющий в условиях недостаточного увлажнения с учетом плодосмены в севообороте стабилизировать урожайность зерновых культур. Проведена технико-экономическая оценка использования посевных агрегатов на посевах сельскохозяйственных культур в засушливых условиях земледелия, которая показала снижение уровня затрат с увеличением количества циклов проведенных работ. Предложен вариант традиционного четырехпольного севооборота с скорректированными сроками посева, позволяющий уменьшить потребность в уборочной технике и стабилизировать нагрузку на механизаторов. На примере четырехпольных зерновых севооборотов рассмотрена их трансформация с учетом расширения структуры севооборотов, включающей возделывание культур, наиболее пригодных для засушливого земледелия. Данное технологическое переоснащение на примере типичного хозяйства Челябинской области, находящегося в засушливых условиях земледелия, позволяет загрузить технику в течении порядка 30 дней на посеве и до 60 дней в период уборки урожая. Определено влияние диверсификации возделывания сельскохозяйственных культур на динамику выполнения посевных и уборочных работ и уровень затрат от использования посевных и уборочных комплексов.

**Ключевые слова:** севооборот, динамика работ, диверсификация, посевной агрегат, зерноуборочный комбайн, технология, цикл, затраты, длительность работ, культура.

**Для цитирования:** Окунев Г.А., Кузнецов Н.А., Канатпаев С.С. Трансформация механизированных процессов на основе развития технологии почвозащитного земледелия степной зоны // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 2 (46). С. 70–77. EDN: XPHPJQ.

### Scientific article

## TRANSFORMATION OF MECHANIZED PROCESSES BASED ON DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF CONSERVATION AGRICULTURE IN STEPPE ZONE

Gennadij A. Okunev<sup>1</sup>, Nikolaj A. Kuznetsov<sup>2✉</sup>, Sanshiro S. Kanatpaev<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> South Ural State Agrarian University», Troitsk, Russia

<sup>1</sup> okunev.1942@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6656-8366>

<sup>2</sup> kuznetcof@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-8713-9974>

<sup>3</sup> s.kanatpaev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9995-655X>

**Abstract.** The purpose of the study is to assess the transformation of mechanized processes based on the technology of conservation agriculture in the steppe zone of the Southern Urals. Preparation of initial data for the rational organization of the implementation of the main field work was made on the example of a grain farm. Technical and economic modeling of mechanized processes in agriculture, a systematic problem approach, a comprehensive analysis of the achievements of science and its practical implementation, procedural analysis of the development of technological processes were used. The analysis of the natural-climatic and organizational-economic conditions for the production of grain crops in one of the branches of the agricultural division of the Southern Urals is presented. The main problems of implementation of resource-saving technology of grain crop cultivation are reflected for this branch. The main type of crops is shown, which allows stabilizing the yield of grain crops, under conditions of insufficient moisture, taking into account the fruit replacing in the crop rotation. A technical and economic assessment of the use of sowing units for sowing crops in several cycles was carried out, which showed a decrease in the level of costs with an increase in the number of cycles of work performed. A variant of the traditional four-course crop rotation with adjusted sowing dates is proposed, which makes it possible to reduce the need for harvesting equipment and stabilize the load on machine operators. On the example of four-course grain crop rotations, the transformation is considered taking into account the expansion of the structure of crop rotations, including the cultivation of crops most suitable for dry farming. On the example of a typical Chelyabinsk region farm located in arid agriculture conditions, this technological re-equipment allows

© Окунев Г.А., Кузнецов Н.А., Канатпаев С.С., 2023

loading equipment for about 30 days for sowing and up to 60 days for harvesting. The influence of diversification of cultivation of agricultural crops on the dynamics of sowing and harvesting work was determined as well as the level of costs from the use of sowing and harvesting complexes.

**Keywords:** crop rotation, work dynamics, diversification, sowing unit, grain combine harvester, technology, cycle, costs, duration of work, culture.

**For citation:** Okunev G.A., Kuznetsov N.A., Kanatpaev S.S. Transformation of mechanized processes based on the development of technology of conservation agriculture in the steppe zone. Vestnik Kurganskoj GSHA. 2023; (2–46): 70–77. EDN: XPHPJQ. (in Russ).

**Введение.** Традиционная почвозащитная система земледелия степных районов Урала, Сибири и Северного Казахстана базируется на системе четырехпольных севооборотов (пар, твердая пшеница, мягкая пшеница, ячмень). В последние годы наблюдается тенденция замены механических обработок плоскорезными рабочими органами химическими обработками с переходом на прямой посев агрегатами с анкерными рабочими органами. Этим существенно снижается энергоёмкость производства и потребность в технике. Для решения последней задачи осуществляется диверсификация возделываемых культур, таких как подсолнечник, лен, нут, просо и др. В результате расширяется севооборот, увеличивается рабочий период посевных и уборочных работ. При этом существенного внимания заслуживает обоснование сроков и последовательности полевых работ.

**Материалы и методы.** В современных рыночных условиях вести эффективное сельскохозяйственное производство весьма сложно, особенно в условиях степной засушливой зоны. Ограниченная влагообеспеченность не позволяет стабильно получать высокие урожаи, но обеспечивает высокое качество продукции, особенно пшеницы твёрдых и сильных сортов. Это и определяет основное направление предприятий региона на производстве товарного зерна. Большинство хозяйств используют традиционную почвозащитную технологию, для чего имеется соответствующая техника и навыки исполнителей. В последние годы в целях ресурсосбережения практикуется технология прямого посева «No-Till», но скорректированная в Костанайском НИИСХ под руководством В. И. Двуреченского [1-2].

В отличие от традиционных вариантов «No-Till» для степных регионов в четырехпольных севооборотах сохраняется паровое поле – химический пар и сохраняется традиционная последовательность чередования культур (пар, твердая пшеница, мягкая пшеница, ячмень). Уборка, как правило, ведётся прямым комбайнированием с измельчением и разбрасыванием соломы по полю. Посев осуществляется разбросным способом или сеялками с анкерными рабочими органами. Защита растений от сорняков, болезней и вредителей проводится химическими обработками соответствующими препаратами.

Рассмотрим проблемы реализации этой технологии в ООО «Совхоз Брединский» Челябинской области в одном из подразделений площа-

дью 4800 га. Более высокий бонитет почв по сравнению с другими подразделениями всегда позволял получать соответственно на 15-25 % выше средней урожайности по хозяйству, что и удалось сохранить после перехода на технологию прямого посева. При этом практически в два раза снизились затраты труда, в 1,6 раза уменьшился расход топлива, затраты на химические средства защиты выросли в 2,5 раза. Что касается потребности в технике, то больших изменений не произошло [3].

Многолетний опыт внедрения технологии прямого посева показал, что имеет место нарастание негативных тенденций. На тяжёлых суглинистых почвах наблюдается переуплотнение почвы, что связано ещё и с ограниченным увлажнением в осенний период и снижением эффекта релаксации при замерзании. Возделывание однотипных зерновых культур приводит к интенсивному развитию негативной флоры и обуславливает увеличение химических воздействий для защиты растений. Из-за интенсивного ветра сохранить измельченную солому на поверхности поля не удастся.

Обобщение опыта передовых хозяйств региона даёт основания для реализации многопольных севооборотов от семи до девяти полей. В условиях базовых четырехпольных зернопаровых севооборотов наиболее подходит вариант восьмипольного. При этом важно чередовать культуры со стержневой и мочковой корневой системой, злаковые и широколиственные, а также растения тёплого и холодного периодов.

Технология возделывания сельскохозяйственных культур многовариантна даже в конкретных почвенно-климатических условиях [4-6]. Однако независимо от их содержания всем технологиям присущ ряд общих свойств [7-9]:

- технология всегда предусматривает последовательность выполнения отдельных операций [10-12];

- каждая операция имеет теоретически необходимый набор требований (желаемое качество выполнения работ), который может обеспечить условия, приближающие получение потенциально возможного урожая в данных почвенно-климатических условиях [13-15].

Известно, что результат производственной деятельности предприятий определяется стоимостью произведённой продукции за вычетом затрат на её производство. Наряду с текущими затратами на эксплуатацию техники существенна доля амортизации стоимости машин. Значимость этого фак-

тора возрастает в связи с их техническим совершенствованием. С позиций оценки эффективности того или иного процесса важно правильно оценить факторы, влияющие на уровень затрат, связанных с работой техники. В общем виде функцию цели можно представить:

$$\Pi = Y \cdot C_{\text{п}} - Z - \Pi_{\text{сез}} - \Pi_{\text{тех}} \Rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $\Pi$  – прибыль предприятия, руб.;

$Y$  – биологическая урожайность культуры с учетом расхода на семена, ц/га;

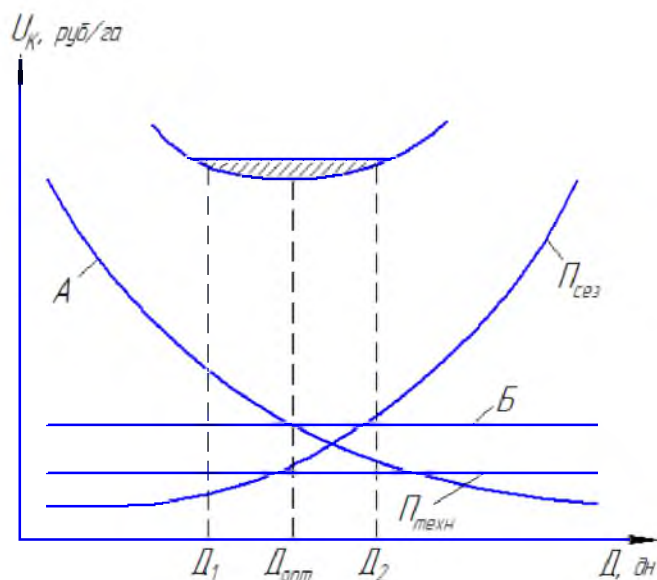
$C_{\text{п}}$  – стоимость производимой продукции, руб./ц;

$Z$  – затраты на производство продукции, руб./га;

$\Pi_{\text{сез}}$  – сезонные потери от несвоевременности выполнения работ, руб./га;

$\Pi_{\text{тех}}$  – потери урожая от несоответствия технологическим требованиям работы агрегатов, например, от переуплотнения почвы движителями тракторов, руб./га.

С позиций нашего исследования результат производства будет определяться уровнем затрат и потерь от несоблюдения технологических требований. Для единичного процесса представим зависимости в графическом виде (рисунок 1) [16-17].



$A$  – удельные отчисления на амортизацию техники, руб./га;  $B$  – текущие затраты на эксплуатацию машин, руб./га;

$D_1, D_2$  – диапазон значений рациональной длительности работ, дн;  $D_{\text{опт}}$  – оптимальная длительность работ, дн;  $U_{\text{к}}$  – комплексные затраты на выполнение работ, руб./га;

$D$  – календарные дни выполнения работ, дн.

Рисунок 1 – Графическое представление оптимизации длительности полевых работ

Такое представление производственного процесса позволяет обосновано подойти к определению сроков и длительности полевых работ. Задача решается в два этапа. В начале определяется наиболее благоприятный момент выполнения той или иной технологической операции на основе многолетних наблюдений в агротехнологических центрах. С учетом значимости отклонения сроков проводится технико-экономическое обоснование рациональной длительности выполнения работ.

Уровень затрат будет зависеть от амортизации техники, её удельное значение связано с количеством циклов, формируемых для работы технологических комплексов машин, что позволяет сделать вывод о существенном влиянии доли данной работы в годовом объеме работ на рациональную длительность отдельных работ  $D_p$  [16-17]:

$$D_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n C_{\text{би}} \cdot (\alpha_i + E_{\text{бк}}) \cdot \gamma_{ij} + T \cdot \gamma_j \cdot N}{0,5 \cdot K_{\text{п}} \cdot U \cdot C_{\text{п}} \cdot W_{\text{ч}} \cdot t \cdot K_{\text{см}}}}, \quad (2)$$

где  $C_{\text{би}}$  – балансовая цена  $i$ -й машины, руб.;

$\alpha_i$  – доля отчислений на реновацию  $i$ -й машины, доля;

$E_{\text{бк}}$  – ставка банковского кредита, доля;

$n$  – количество машин, участвующих в технологическом процессе, шт.;

$\gamma_{ij}$  – удельный вес  $i$ -й машины на  $j$ -й работе;

$T$  – затраты на привлечение механизатора, руб./год;

$\gamma_j$  – удельный вес  $j$ -й работы от занятости механизатора;

$N$  – количество механизаторов, участвующих в процессе, шт.;

$K_{\text{п}}$  – коэффициент учета темпа потерь, доля/день;

$U$  – урожайность культуры, ц/га;

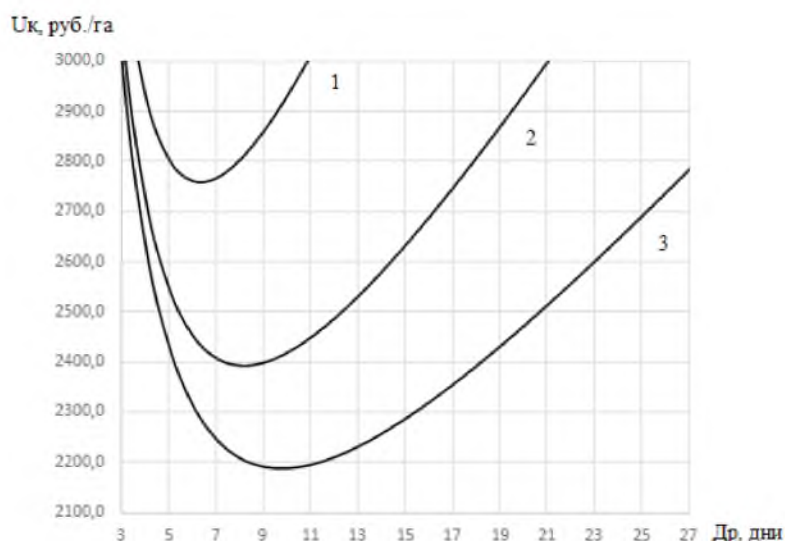
$C_{\text{п}}$  – цена продукта, руб./ц;

$W_{\text{ч}}$  – часовая производительность агрегата, га/ч;

$t$  – длительность рабочей смены, час;

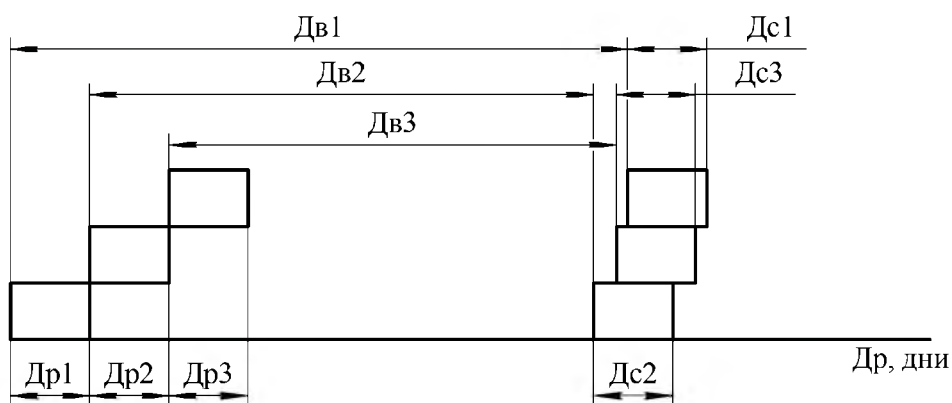
$K_{\text{см}}$  – коэффициент сменности [17].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Известно, что при проектировании технологических процессов и определении потребности в технике основной задачей является обоснование сроков полевых работ [18-20]. Так в четырехпольных зернопаровых севооборотах в условиях засушливого земледелия последовательно высеваются твёрдая пшеница, мягкая и ячмень [21]. При средней урожайности для твердой пшеницы 16 ц/га, мягкой – 14 ц/га и ячменя – 12 ц/га и соответствующей стоимости 16, 11 и 9 тыс. руб. за тонну, с учетом 5 % точности расчётов срок посева соответственно составит 5-7 дней для твёрдой, 7-9 дней для мягкой пшеницы и 9-11 дней для ячменя (рисунок 2).



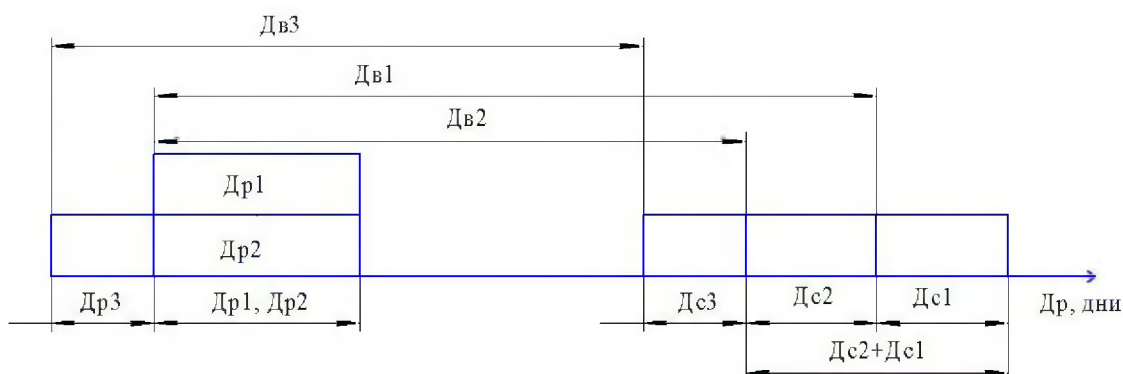
1 – твердая пшеница; 2 – мягкая пшеница;  
3 – ячмень

Рисунок 2 – Влияние сортовых особенностей зерновых культур на рациональные сроки посева



Др1, Др2, Др3 – сроки сева твердой пшеницы, мягкой пшеницы и ячменя соответственно, дни;  
Дв1, Дв2, Дв3 – вегетационный период твердой пшеницы, мягкой пшеницы и ячменя соответственно, дни;  
Дс1, Дс2, Дс3 – сроки созревания твердой пшеницы, мягкой пшеницы и ячменя соответственно, дни

Рисунок 3 – Динамика посева и созревания зерновых культур



Др1, Др2, Др3 – сроки сева твердой пшеницы, мягкой пшеницы и ячменя соответственно, дни; Дв1, Дв2, Дв3 – вегетационный период твердой пшеницы, мягкой пшеницы и ячменя соответственно, дни;  
Дс1, Дс2, Дс3 – сроки созревания твердой пшеницы, мягкой пшеницы и ячменя соответственно, дни

Рисунок 4 – Динамика посева и уборки с учетом скорректированных сроков



Однако в реальных производственных условиях темп посева зерновых культур одинаков, не зависимо от вида культур. В данном примере это три цикла по 6-7 дней. Однако при такой динамике посева с учетом разницы вегетационного периода, который для ячменя составляет 70-75 дней, для мягкой пшеницы 78-85 дней, а для твердой пшеницы 85-90 дней, созревание зерновых культур будет происходить практически одновременно, за период, равный одному циклу (рисунок 3).

Короткий период созревания зерновых культур не может обеспечить без потерь уборку урожая ограниченным наличием техники. Как отмечалось ранее, исследованиями доктора сельскохозяйственных наук И. Н. Басалиевым установлена возможность посева ячменя в ранние сроки, через неделю после созревания почвы [22]. К тому же посев твердой и мягкой пшеницы может быть последовательным или параллельным. В последнем варианте, хотя и более сложном с организационной точки зрения, происходит разделение времени созревания различных сортов, что существенно увеличивает сроки уборки зерновых культур (рисунок 4). Такая тактика проведения посевных и уборочных работ позволяет в рациональном темпе производить посев ячменя за 7-8 дней и посев твердой и мягкой пшеницы за 14-15 дней. Длительность созревания и уборки при этом происходит в зависимости от температурного режима за 25-30 дней, что практически в два раза сокращает потребность в уборочной технике при том же количестве посевных агрегатов.

В последние годы зональная система земледелия развивается в направлении диверсификации возделываемых культур. Увеличиваются площади посева подсолнечника, льна, проса, гречихи, из бобовых – нута и др.

Это позволяет существенно увеличить количество циклов посева и уборки культур, а также снизить стоимость выполнения работ.

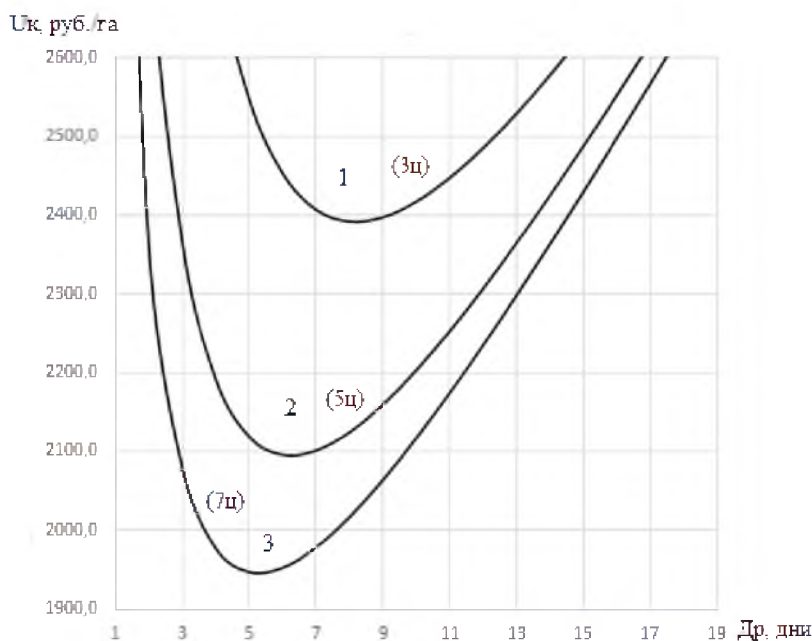
При определенных параметрах и стоимости машин, а также темпах потерь урожая при отклонении сроков работ от благоприятного периода наиболее существенное значение имеет доля  $i$ -й работы цикла от общей занятости той или иной машины. Поэтому длительность цикла и уровень удельных затрат будет зависеть от количества циклов полевых работ (рисунок 5).

Следует отметить, что с увеличением количества циклов рациональная длительность каждого цикла сокращается при общем увеличении продолжительности полевых работ (рисунок 6, таблица), но до определённого предела.

Наращение рациональной длительности рабочего периода происходит до шестого цикла.

Таблица – Изменение длительности посевных работ в зависимости от количества циклов

n, цикл	1	2	3	4	5	6	7
$D_p$ , дн	14	10	8	7	6	6	5
$\sum D_p$ , дн	14	20	24	28	30	35	35



1 – три цикла; 2 – пять циклов; 3 – семь циклов

Рисунок 5 – Влияние количества циклов на длительность посева одной культуры и уровень затрат на процесс

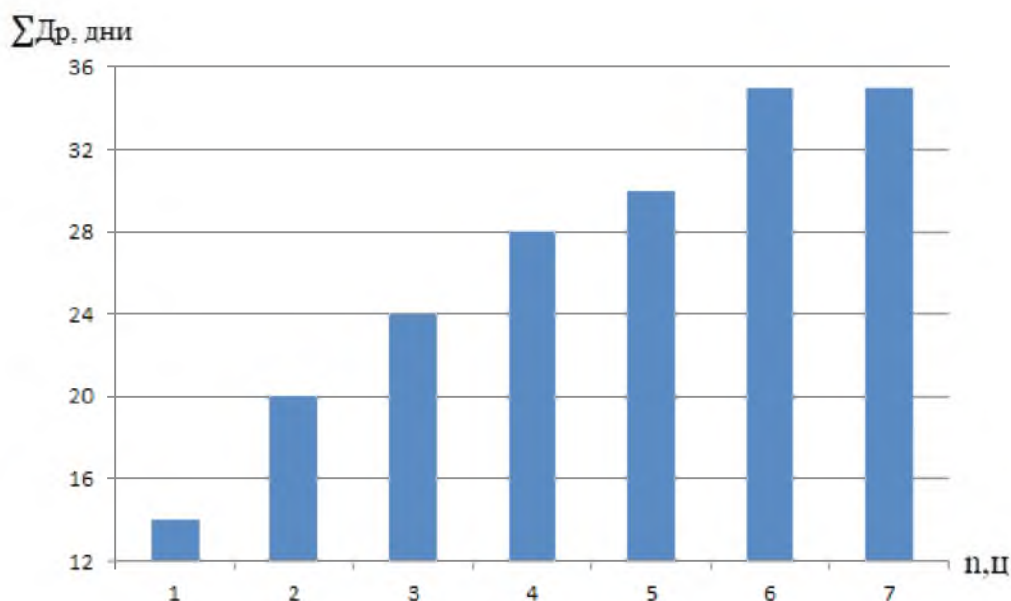


Рисунок 6 – Влияние количества циклов на длительность посевных работ

**Заключение.** Рассматривая процесс трансформации традиционных четырехпольных севооборотов, наиболее приемлемым вариантом является объединение двух севооборотов с соответствующим введением засухоустойчивых культур подсолнечника и нута, которые относятся к теплому периоду и обладают стержневой корневой системой. В первой половине севооборота сохраняется традиционное чередование пар, твердая пшеница, мягкая пшеница, ячмень, затем подсолнечник, ячмень, нут, твердая пшеница. Рассмотренный севооборот позволяет загрузить технику в течение порядка 30 дней на посеве и до 60 дней в период уборки урожая с учетом выполнения полевых работ в рациональные агротехнические сроки.

#### Список источников

1. Астафьев В.Л. Севооборот и защита растений в условиях засушливого земледелия // АПК России. 2020. Т. 27. № 1. С. 24-29.
2. Astafyev V.L., Ivanchenko P.G. Assessment of methods of the autumn-winter moisture accumulation in poor draining soil in the arid region of Northern Kazakhstan // Journal of Water and Land Development. 2021. Vol. 48 (1-3). Pp. 115-121.
3. Окунев Г.А., Кузнецов Н.А., Канатпаев С.С. Формирование ресурсосберегающей системы органического земледелия // Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 2 (38). С. 69-75.
4. Анализ зависимости влагонакопления почвы от способа её основной обработки / В.М. Бойков [и др.] // Аграрный научный журнал. 2021. № 4. С. 61-64.
5. Каипов Я.З., Лукьянов С.А., Султангазин З.Р. Продуктивность звена зернопарового сево-

оборота в зависимости от способов обработки почвы // Зерновое хозяйство России. 2017. № 4 (52). С. 60-64.

6. Сабитов М.М. Экономическая эффективность технологий возделывания культур в зернопаровом севообороте // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 2. С. 13-18.

7. Снижение потерь почвенной влаги на испарение / Ю.А. Савельев [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 1. С. 42-47.

8. Влияние ресурсосберегающей технологии No-Till на агрофизические и биологические свойства чернозема обыкновенного башкирского Зауралья / Г.Р. Ильбулова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 4. С. 66-71.

9. Динамика показателей почвенного плодородия при возделывании сельскохозяйственных культур по технологии No-Till в условиях ставропольского края / А.Н. Есаулко [и др.] // Агротехнический вестник. 2018. № 4. С. 58-62.

10. Гаджиумаров Р.Г., Джандаров А.Н., Дридигер В.К. Водопроницаемость и накопление влаги в почве при ее возделывании по технологии No-Till // Аграрная наука. 2022. № 5. С. 93-97.

11. Черногаев В. Г., Свирина В.А. Сравнительный анализ эффективности применения различных способов обработки почвы в системе ресурсосберегающих технологий земледелия // Аграрная наука. 2020. № 11-12. С. 105-107.

12. Романов В.Н., Цугленок Н.В., Ефимов А.В. Влияние минимизации обработки на твердость почвы и урожайность яровой пшеницы в открытой части лесостепи красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2023. № 3 (192). С. 27-34.

13. Сабитов М.М., Захаров С.А. Ресурсосберегающие модели технологий возделывания яровой пшеницы в условиях лесостепи среднего Поволжья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3 (63). С. 53-58.
14. Increase in Soil Moisture Reserves Due to the Formation of High Stubble Residues for the Accumulation of Snow Precipitation / M. Konstantinov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 666 (5). P. 052049.
15. Бледных В.В., Синявский И.В., Свечников П.Г. Проектирование технологических процессов в растениеводстве // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2014. Т. 70. С. 219-223.
16. Окунев Г.А., Кузнецов Н.А., Канатпаев С.С. Формирование последовательных циклов полевых работ – резерв эффективности производства // АПК России. 2020. Т. 27. № 1. С. 118-123.
17. Диверсификация и поточность в условиях засушливого земледелия / Г.А. Окунев [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (44). С. 222-232.
18. Dokin B., Tsbina Y., Aletdinova A. Simulation model of loading of the machine and tractor fleet based on the prediction method of the variants of annual field work complexes // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2442. P. 020010.
19. Justification of the tractor fleet range for the agricultural complex of Kazakhstan / A. Usmanov [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12 (13). Pp. 3323-3328.
20. Aspects of the formation of a tractor fleet of agricultural enterprises / G. Okunev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East, AFE 2021 – Papers». 2021. P. 032050.
21. An approach to the implementation of resource-saving technologies in dryland farming / G. Okunev [et al.] // XV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2022». Springer. 2023. Pp. 587-593.
22. Басалиев И.Н. Формирование высокопродуктивных агроценозов ярового ячменя в степной зоне Южного Урала: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.09: утв. 25.12.2008. Оренбург, 2008. 442 с.
23. Astafyev V.L., Ivanchenko P.G. Assessment of methods of the autumn-winter moisture accumulation in poor draining soil in the arid region of Northern Kazakhstan. *Journal of Water and Land Development*. 2021; (48-1-3): 115-121.
24. Okunev G.A., Kuznetsov N.A., Kanatpaev S.S. Formirovaniye resursosberegayushchei sistemy organicheskogo zemledeliya [Formation of a resource-saving system of organic farming]. *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2021; (2-38): 69-75. (In Russ).
25. Boikov V.M. et al. Analiz zavisimosti vlagonakopleniya pochvy ot sposoba ee osnovnoi obrabotki [Analysis of the dependence of soil moisture accumulation on the method of its main processing]. *The Agrarian Scientific Journal*. 2021; (4): 61-64. (In Russ).
26. Kaipov Ya.Z., Lukyanov S.A., Sultangazin Z.R. Produktivnost' zvena zernoparovogo sevooborota v zavisimosti ot sposobov obrabotki pochvy [Productivity of the grain-fallow crop rotation link depending on the methods of tillage]. *Grain economy of Russia*. 2017; (4-52): 60-64. (In Russ).
27. Sabitov M.M. Ekonomicheskaya effektivnost' tekhnologii vozdelvaniya kul'tur v zernoparovom sevooborote [Economic efficiency of crop cultivation technologies in grain-fallow crop rotation]. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2021; (35-2): 13-18. (In Russ).
28. Saveliev Yu.A. et al. Snizhenie poter' pochvennoi vlagi na isparenie [Reduced loss of soil moisture through evaporation]. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2018; (12-1): 42-47. (In Russ).
29. Ilbulova G.R. et al. Vliyanie resursosberegayushchei tekhnologii No-Till na agrofizicheskie i biologicheskie svoystva chernozema obyknovennogo bashkirskogo Zaural'ya [The influence of resource-saving No-Till technology on the agrophysical and biological properties of ordinary chernozem of the Bashkir Trans-Urals]. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2022; (36-4): 66-71. (In Russ).
30. Esaulko A.N. et al. Dinamika pokazatelei pochvennogo plodorodiya pri vozdelivanii sel'skokhozyaistvennykh kul'tur po tekhnologii No-Till v usloviyakh stavropol'skogo kraya [Dynamics of soil fertility indicators in the cultivation of crops using No-Till technology in the conditions of the Stavropol Territory]. *Agrochemical Herald*. 2018; (4): 58-62. (In Russ).
31. Gadzhumarov R.G., Dzhandarov A.N., Dridiger V.K. Vodopronitsaemost' i nakoplenie vlagi v pochve pri ee vozdelivanii po tekhnologii No-Till [Wa-

### References

1. Astafyev V.L. Sevooborot i zashchita rastenii v usloviyakh zasushlivogo zemledeliya [Crop rotation and plant protection in dry farming conditions].

ter permeability and accumulation of moisture in the soil when it is cultivated using No-Till technology]. *Agrarian science*. 2022; (5): 93-97. (In Russ).

11. Chernogaev V.G., Svirina V.A. Sravnitel'nyi analiz effektivnosti primeneniya razlichnykh sposobov obrabotki pochvy v sisteme resursosberegayushchikh tekhnologii zemledeliya [Comparative analysis of the effectiveness of the use of various methods of tillage in the system of resource-saving farming technologies]. *Agrarian science*. 2020; (11-12): 105-107. (In Russ).

12. Romanov V.N., Tsuglenok N.V., Efimov A.V. Vliyaniye minimizatsii obrabotki na tverdost' pochvy i urozhainost' yarovoi pshenitsy v otkrytoi chasti lesostepi krasnoyarskogo kraya [Influence of tillage minimization on soil hardness and productivity of spring wheat in the open part of the forest-steppe of the Krasnoyarsk Territory]. *The Bulletin of KrasGAU*. 2023; (3-192): 27-34. (In Russ).

13. Sabitov M.M., Zakharov S.A. Resursosberegayushchie modeli tekhnologii vozdeleyvaniya yarovoi pshenitsy v usloviyakh lesostepi srednego Povolzh'ya [Resource-saving models of technologies for the cultivation of spring wheat in the conditions of the forest-steppe of the middle Volga region]. *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2021; (16-3-63): 53-58. (In Russ).

14. Konstantinov M., Glushkov I., Mukhamedov V., Lovchikov A. Increase in Soil Moisture Reserves Due to the Formation of High Stubble Residues for the Accumulation of Snow Precipitation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; (666-5): 052049. (In Russ).

15. Blednykh V.V., Sinyavsky I.V., Svechnikov P.G. Proektirovaniye tekhnologicheskikh protsessov v rastenievodstve [Design of technological processes in crop production]. *Vestnik Chelyabinskoi gosudarstvennoi agroinzhenernoi akademii*. 2014; (70): 219-223. (In Russ).

16. Okunev G.A., Kuznetsov N.A., Kanatpaev S.S. Formirovaniye posledovatel'nykh tsiklov polevykh rabot – rezerv effektivnosti proizvodstva [Formation of successive cycles of field work - a reserve of production efficiency]. *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2020; (27-1): 118-123. (In Russ).

17. Okunev G.A. et al. Diversifikatsiya i potochnost' v usloviyakh zasushlivogo zemledeliya [Diversification and flow in dry farming]. *Bulletin of Omsk State Agricultural University*. 2021; (4-44): 222-232. (In Russ).

18. Dokin B., Tsibina Y., Aletdinova A. Simulation model of loading of the machine and tractor fleet based on the prediction method of the variants of an-

nual field work complexes. *AIP Conference Proceedings*. 2021; (2442): 020010.

19. Usmanov A. et al. Justification of the tractor fleet range for the agricultural complex of Kazakhstan. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017; (12-13): 3323-3328.

20. Okunev G., Shepelev S., Kuznetsov N., Lukovtsev A. Aspects of the formation of a tractor fleet of agricultural enterprises. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East, AFE 2021 – Papers»*. 2021; 032050.

21. Okunev G., Shepelev S., Kuznetsov N., Kanatpaev S. An approach to the implementation of resource-saving technologies in dryland farming. *XV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2022»*. Springer. 2023; 587-593.

22. Basaliev I.N. Formirovaniye vysokoproduktivnykh agrotsenozov yarovogo yachmenya v stepnoi zone Yuzhnogo Urala [Formation of highly productive agrocenoses of spring barley in the steppe zone of the Southern Urals] [Dissertation]. Orenburg; 2008. (In Russ).

#### Информация об авторах

Г.А. Окунев – доктор технических наук, профессор. AuthorID 399844.

Н.А. Кузнецов – кандидат технических наук, доцент. AuthorID 690578.

С.С. Канатпаев – инженер.

#### Information about the author

G.A. Okunev – Doctor of Technical Sciences, Professor. AuthorID 399844.

N.A. Kuznetsov – Candidate Of Technical Sciences, Associate Professor. AuthorID 690578.

S.S. Kanatpaev – engineer.

Статья поступила в редакцию 27.04.2023; одобрена после рецензирования 23.06.2023; принята к публикации 30.08.2023.

The article was submitted 27.04.2023; approved after reviewing 23.06.2023; accepted for publication 30.08.2023.