

Оптимизация зернопотоков по маршруту «поле – ток» в ходе уборки семян зерновых в Республике Казахстан

Айгерим Султановна Альчимбаева,
магистр, докторант, e-mail: aigerim-kaz@mail.ru

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Республика Казахстан

Реферат. Транспортировка зерна от зерноуборочного комбайна до пункта послеуборочной обработки зерна (условно «ток») в условиях Республики Казахстан имеет свою специфику: значительные расстояния перевозок зерна – более 5 километров, проселочные дороги без специального покрытия, с неровным рельефом и по пересеченной местности, большие размеры полей, неопределенность маршрутов перевозки зерна от поля до тока. Это снижает скорость транспортировки зерна, увеличивает время нахождения транспорта в пути, требует много транспортных средств, создает трудности в обеспечении ритмичного взаимодействия транспорта и комбайна. Особенно важно это учитывать при перевозке семян в семеноводческих хозяйствах, в которых применяется технология предпосевного облучения семян для повышения урожайности. (*Цель исследования*) Классифицировать регионы Казахстана по масштабам производства зерна, обосновать параметры типовых семеноводческих хозяйств и для них рассчитать параметры транспортного зернопотока с одновременным облучением зерна во время перевозки, максимально снизив вероятность взаимных простоев комбайнов и транспорта в ходе уборки зерновых культур в Республике Казахстан. (*Материалы и методы*) Исследование проводили с применением наиболее типичных для Казахстана комбайнов СК-5М «Нива» и автомобиля типа ГАЗ-53. Кузов автомобиля оборудовали низкочастотными электромагнитными излучателями и специальным разравнивающим устройством для зерна, поступающего из комбайна по зерновому шнеку. Разработали методику выбора параметров зональных типовых хозяйств. За базовые параметры транспортного зернопотока приняли продолжительность циклорейса по маршруту «поле – ток – поле», количество циклорейсов в день, грузоподъемность транспортного средства, продолжительность, объемы, дальность и скорость перевозки, коэффициент использования грузоподъемности. Выявили, что наиболее варьируемым параметром стала продолжительность циклорейса. (*Результаты и обсуждение*) Предложили алгоритм расчета параметров типовых (модельных) семеноводческих хозяйств Казахстана на основе статистических данных Статуправления республики. Выделили три категории зернопроизводящих областей, для каждой из которых определили количество семеноводческих хозяйств: для I категории – 171, для II – 128, для III – 282 хозяйства, всего 581. Средние площади каждого хозяйства равны, соответственно, 2760; 656 и 276 гектаров; время циклорейсов – 68,4; 49,5 и 35,5 минуты. (*Выводы*) Определили, что общая потребность в семенах зерновых культур для Казахстана составляет около 2 миллионов тонн. Рассчитали необходимое для их производства число семеноводческих хозяйств – 581. Вычислили общую потребность в транспортных средствах, оборудованных низкочастотными электромагнитными облучателями, – 5700 единиц. **Ключевые слова:** уборка зерновых, транспортирование зерна, зерноуборочный комбайн, циклорейс, цифровизация семеноводства, семеноводческое хозяйство, низкочастотный магнитный облучатель, оптимизация зернопотоков.

■ **Для цитирования:** Альчимбаева А.С. Оптимизация зернопотоков по маршруту «поле – ток» в ходе уборки семян зерновых в Республике Казахстан // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. №5. С. 56-62. DOI 10.22314.2073-7599-2019-5-56-62.

Optimization of Grain Flows in the “Field-Elevator” Chain During the Harvesting of Grain Seeds in the Republic of Kazakhstan

Aigerim S. Alchimbaeva,
MSc, post-doctorate researcher

Kazakh National Agrarian University, Almaty, Republic of Kazakhstan

Abstract. Grain transportation from a combine harvester to a post-harvest grain processing center (hereinafter referred to as “elevator”) in Kazakhstan has its own specific features: significant grain transportation distances of more than 5 kilometers, country roads without a special paving, uneven and rough terrains, large field sizes, uncertain grain transportation routes from the field to the elevator. This reduces the speed of grain transportation, increases the time spent on transportation, requires a



lot of vehicles, and makes difficulties in ensuring the coherent interaction of transport vehicles and combine harvesters. It is especially important to take this into account when transporting seeds on seed farms that use the pre-sowing seed irradiation technology to increase the productivity of seeds. (*Research purpose*) To classify the regions of Kazakhstan by the scale of grain production, determine the parameters of typical seed farms and to calculate their optimal parameters of grain transporting with simultaneous grain irradiation during transportation, minimizing mutual downtime of combine harvesters and transport vehicles during grain crop harvesting in the Republic of Kazakhstan. (*Materials and methods*) The study was carried out using the most typical for Kazakhstan SK-5M Niva combine harvesters and a GAZ-53 vehicles. The vehicle body was equipped with low-frequency electromagnetic radiators and a special leveling device for grain input from a combine harvester through the grain auger. The authors developed a methodology for choosing the parameters of zonal typical farms based on the following parameters of the transport grain flow: the trip duration along a “field – elevator – field” route, the number of round trips per day, loading capacity of a vehicle; duration, volume, range and speed of transportation, and the coefficient of capacity utilization. It has been revealed that the round trip duration is the most variable parameter. (*Results and discussion*) The authors have proposed an algorithm for calculating the parameters of typical (model) seed farms in Kazakhstan based on statistics obtained from the Statistical Office of the Republic. Three categories of grain-producing regions were distinguished, for each of which the number of seed-growing farms was determined: 171 – for category I, 128 – for category II, 282 – for category III, with a total of 581 farms. The average area of each farm amounts to 2760; 656, and 276 hectares, respectively; round trip periods last for 68.4; 49.5, and 35.5 minutes. (*Conclusions*) It has been determined that the total demand for grain seeds in Kazakhstan is about 2 million tons. The authors have calculated the required number of seed farms, which equals 581. The total demand for vehicles equipped with low-frequency electromagnetic irradiators has been estimated as equaling 5700 units.

Keywords: grain harvesting, grain transportation, combine harvester, round trip duration, digitalization of seed production, seed production, low-frequency magnetic irradiator, optimization of grain flows.

For citation: Alchimbaeva A.S. Optimizatsiya zernopotokov po marshrutu «pole – tok» v khode uborki semyan zernovykh v Respublike Kazakhstan [Optimization of grain flows in the “field – elevator” chain during the harvesting of grain seeds in the Republic of Kazakhstan]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2019. Vol. 13. N5. 56-62 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2019-13-5-56-62.

Эффективность работы уборочного агрегата в составе «комбайн – транспорт» зависит от ритмичного взаимодействия, что снижает количество случаев простоя, повышает коэффициент использования времени смены и, соответственно, сменную производительность. Теоретически это можно обеспечить в строго определенных условиях: расстояние перевозок менее 5 км, наличие дорог с твердым покрытием, четко определенные маршруты перевозки зерна. Подобных условий в Казахстане очень мало. Наиболее типичны такие варианты: расстояние от полей до пункта послеуборочной обработки зерна (тока) превышает 10 км, проселочные дороги без твердого покрытия, проходят по холмистой местности, в течение рабочего дня маршруты движения транспорта могут измениться в зависимости от убранной площади. В этих условиях весьма затруднительно организовать четкое взаимодействие комбайна и транспорта, так как время ожидания транспорта трудно прогнозировать с достаточной точностью (1-2 мин). К тому же урожайность зерна в поле также может варьировать в больших пределах, что обуславливает переменное время заполнения зерном бункера комбайна.

Цель исследования – рассчитать параметры транспортного зернопотока по маршруту «поле – ток» для уборочных условий Казахстана на примере модельного семеноводческого хозяйства, определить потребность в транспорте, оборудованном низкочастотными электромагнитными излучателями для стимули-

рования посевных качеств семян.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследование проводили применительно к наиболее типичным для Казахстана вариантам уборочных агрегатов в составе: комбайн СК-5М «Нива» или «Енисей-1200» и автомобили типа ЗИЛ-130 и ГАЗ-53. В качестве основного параметра транспортного зернопотока приняли продолжительность циклорейса транспорта («туда и обратно»). Автомобили оборудовали низкочастотными электромагнитными излучателями для повышения посевных качеств семян. Эффективность этого метода доказана патентами ЕР 2 684 444 В1 от 19.08.2015, ЕР 2 661 950 от 01.06.2016, а также многими исследованиями [1-5].

Расчет провели для модельных семеноводческих хозяйств по регионам Казахстана. Предложили алгоритм их выбора с учетом статистических данных Статистического управления РК:

1. Сбор и обработка статистических показателей производства зерна: S – уборочная площадь, U_z – урожайность зерна, W_z – валовый сбор зерна, T_{yb} – продолжительность уборки, N_x – количество хозяйств в области.
2. Обобщение и ввод статистических данных по показателям производства зерна в областях РК.
3. Группирование областей по показателям производства зерна и выявление однородных статистических выборок в виде категорий хозяйств.
4. Определение средних значений показателей производства зерна по каждой однородной статистической выборке (категории).

5. Определение необходимого сбора семян в каждой однородной статистической выборке по категориям хозяйств.

6. Определение потребного количества модельных хозяйств в каждой категории.

7. Определение территориальных параметров модельных хозяйств S , га; V_z , т/га; L , км; V , км/ч.

8. Формирование сводной таблицы показателей производства семян по регионам РК в модельных хозяйствах.

9. Формирование рекомендаций по параметрам модельных хозяйств.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. С помощью описанного алгоритма все зернопроизводящие области Казахстана классифицировали по трем категориям (табл. 1).

Средняя урожайность по областям определяли как средневзвешенную с учетом размера посевных площадей в каждой области по формуле:

$$\bar{y}_3 = \frac{S_1}{\sum S_n} \cdot y_1 = \frac{S_1 \cdot y_1}{\sum S_n} + \frac{S_2 \cdot y_2}{\sum S_n} + \dots + \frac{S_n \cdot y_n}{\sum S_n}, \quad (1)$$

где n – количество областей с урожайностью y_i ;

$\sum S_n$ – общая сумма площадей в регионе;

S_i – площадь с урожайностью y_i .

Учитывая выявленную вариабельность данных по отдельным областям, каждую категорию хозяйств характеризовали средневзвешенным значением каждого параметра.

Анализ расчетов показал, что в целом по Казахстану за последние три года наблюдается достаточно стабильная устойчивость общих показателей производства зерна. Колебания по посевным площадям не превышают 2%, урожайности – 6%, валовых сборов зерна – 6%. Это дает возможность в дальнейшем ориентироваться на актуализированные показатели производства зерна в 2018 г.

Классификация уборочных площадей под зерновыми культурами выявила три наиболее характерных региона по категориям:

– I категория: с общей площадью 11,2 млн га, средней урожайностью 1,44 т/га, общим валовым сбором зерна 16,1 млн т;

– II категория: 2 млн га, 1,63 т/га и 3,26 млн т соответственно;

– III категория: 1,18 млн га, 1,6 т/га и 2,94 млн т соответственно.

Анализ расчетов показал, что все области Казахстана по производству зерна можно классифицировать на три категории. В первую категорию вошли Акмолинская, Костанайская и Северо-Казахстанская области. Во вторую – Алматинская, Карагандинская, Павлодарская. В третью – Актюбинская, Западно-Казахстанская, Туркестанская, Восточно-Казахстанская, Жамбылская.

Годовые поставки семян от каждой категории областей предположительно составляют 1,37 млн т; 0,28 млн и 0,25 млн т соответственно, при общей по-

требности 1,9 млн т.

Рекомендуемые средние площади зерновых культур в одном семеноводческом хозяйстве по их категориям составляют: I – 2,76 тыс. га; II – 656 га; III – 276 га (табл. 1).

Общее количество семеноводческих хозяйств I категории должно быть равно 171, II – 128, III – 282, а всего 581 таких хозяйств.

Для типовых семеноводческих хозяйств рассчитали параметры зернопотоков по маршрутам «поле – ток» и «ток – поле». Продолжительность циклоreyса $T_{цр}$ определили по формуле [6-8]:

$$T_{цр} = t_{ож} + t_{ман} + t_{выгр} + t_{пт} + t_{рт} + t_{обр}, \quad (1)$$

где $t_{ож}$ – время ожидания заполнения бункера комбайна зерном, мин;

$t_{ман}$ – время маневрирования автотранспорта при подъезде к комбайну с заполненным бункером, мин;

$t_{выгр}$ – время на выгрузку зерна из бункера комбайна в кузов автотранспорта, мин;

$t_{пт}$ – время движения автотранспорта по маршруту «поле – зерноток», мин;

$t_{рт}$ – время на разгрузку кузова на зерноток и оформление документов, мин;

$t_{обр}$ – время на движение автотранспорта по маршруту «зерноток – поле», мин.

Время заполнения бункера комбайна зерном определили по формуле, мин:

$$t_{ож} = t_6 = 6V_6 y_3 / B_{ж} V_z V_k, \quad (2)$$

где t_6 – время заполнения бункера комбайна, мин;

V_6 – вместимость бункера комбайна, м³;

y_3 – плотность зерна, кг/м³;

$B_{ж}$ – ширина захвата жатки, м;

V_z – урожайность зерна, кг/га;

V_k – рабочая скорость движения комбайна, м/с.

В уравнении (2) знаменатель представляет собой произведение трех случайных величин – $B_{ж}$, V_z , V_k . Они определяют фактическую подачу зерна в комбайн q_3 , которая не должна превышать его пропускную способность с учетом солоmistости, то есть:

$$q_3 = B_{ж} V_z V_k, \quad (3)$$

где q_3 – фактическая подача зерна в комбайн, кг/с.

Однако в реальных условиях фактическая ширина захвата жатки $B_{ж}$ варьирует в некоторых пределах, так как комбайнер не может постоянно точно вести комбайн по кромке стеблестоя, чтобы фактическая рабочая ширина захвата жатки $B_{ф}$ была равна конструктивной величине B_k . Разница может доходить до 0,6-0,8 м. Таким образом, в уравнении (3) вместо конструктивной ширины захвата жатки должно быть математическое ожидание ее рабочей ширины. Урожайность зерна V_z по площади поля – также величина переменная. К краю поля она больше, в середине меньше, и фактическая урожайность определяется ее

Таблица 1

Table 1

РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ТИПОВЫХ СЕМЕНОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВ ПО КАТЕГОРИЯМ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН (2016-2018)
CALCULATION OF THE AMOUNT OF GRAIN CROP SEEDS AND TYPICAL SEED FARMS CLASSIFIED BY CATEGORIES IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN (2016-2018)

Показатели / Indicators	Категории хозяйств Farm categories		
	I	II	III
Общая уборочная площадь, S_o , млн га Total harvested area, S_o , million/ha	11,182	2,000	1,184
Средневзвешенная урожайность, V_z , т/га Weight-average yield, V_z , t/ha	1,44	1,63	1,60
Средневзвешенный годовой сбор зерна, W_z , млн т Annual weight-average grain harvest, W_z , mln t	16,10	3,26	2,94
Количество зерна, оставшегося после очистки от примесей, W_o , млн т Amount of grain remaining after cleaning from impurities, W_o , mln t	13,70	2,77	2,50
Выделенная доля семян от оставшегося зерна после очистки (0,1), W_c , млн т Amount of seeds separated from the grain remaining after cleaning (0.1), W_c , mln t	1,370	0,277	0,250
Общее количество зерновых хозяйств в регионе (по данным Стат. управления РК), N_x , шт. Total number of grain farms in the region, N_x , according to the RK Department of Statistics	4054	3049	6669
Средняя уборочная площадь одного зернотоварного хозяйства, S_x , га Average harvesting area of one grain farm, S_x , ha	2760	656	276
Урожайность семян в семеноводческих хозяйствах, V_c , т/га Seed yield on seed farms, V_c , t/ha	2,9	3,3	3,2
Необходимая уборочная площадь для сбора семян, S_{nc} , тыс. га Harvested area required to obtain the seeds, S_{nc} , thousand ha	472,4	84,0	78,1
Необходимое количество семеноводческих хозяйств, N_c , шт. Required number of seed farms, N_c , units	171	128	282

математическим ожиданием $\bar{B}_j$. Аналогично рабочая скорость комбайна определяется ее математическим ожиданием $\bar{V}_k$. В итоге математическое ожидание фактической подачи зерна в комбайн должно определяться из выражения:

$$\bar{q}_3 = \bar{B}_j \bar{V}_3 \bar{V}_k. \quad (4)$$

Практика показала, что текущее изменение параметров B_i , V_{zi} , V_{ki} подчиняется нормальному закону распределения. Однако в уравнении (4) очень мала вероятность того, что все его составляющие во время реальной работы комбайна сочетались бы одновременно на верхних, нижних или средних уровнях. Возможны различные варианты их сочетания, так как они между собой не коррелируют в каждый момент времени. Таким образом, определение математического ожидания величины подачи зерна в комбайн представляет собой решение одной из задач статистического моделирования: как влияют текущие отклонения переменных B_i ; V_{zi} ; V_{ki} на конечное значение математического ожидания их произведения.

По методу Монте-Карло для расчета статистических характеристик величины подачи зерна в бункер комбайна разыгрывали значения переменных B_i , V_{zi} , V_{ki} с помощью случайных чисел ϕ_1 [9].

Проведя процедуру разыгрывания (более 40), выяснили, что доверительный интервал для случайной функции q_3 при варьировании B_j , V_z , V_k сузился до 90%, так как действительно ситуация встречи аргументов B_j , V_z , V_k на крайних значениях маловероят-

на. Это дало основание в формуле (2) в знаменателе перед аргументами B_j , V_z , V_k поставить коэффициент $K_{ст} = 0,9$.

При расчете $t_{ож}$ рассмотрены три варианта реальной ситуации.

Первый вариант: транспорт приехал на поле, а комбайн с пустым бункером только начал работать. Тогда время ожидания транспорта будет равно времени заполнения бункера комбайна зерном, то есть $t_{ож} = t_6$. Это самый нежелательный случай, так как время циклофорейса максимально.

Второй вариант: автотранспорт появился на поле, а комбайн уже стоит с заполненным бункером. Тогда $t_{ож} = 0$. Это самый благожелательный случай.

Третий вариант – промежуточный.

В общем случае с некоторой вероятностью принято, что $t_{ож} = 0,5t_6$. В этом варианте ошибка в расчете $T_{пр}$ будет наименьшей. Урожайность зерна в Казахстане колеблется в пределах 1,0-3,5 т/га, скорость движения комбайна – 5-9 км/ч. При таких параметрах рассчитали возможные варианты времени заполнения бункера комбайна зерном и построили соответствующие графики при $V_6 = 3 \text{ м}^3$, $\gamma = 750 \text{ кг/м}^3$, $B_j = 6 \text{ м}$ (рисунк 1).

В соответствии с принятым допущением, что время $t_{ож}$ в формуле (1) можно принять равным $0,5t_6$, при $V_k = 5 \text{ км/ч}$ для I категории хозяйств этот показатель составляет 17,35 мин, для II – 9,8 мин, для III категории – 8,7 мин.

Время на маневрирование автотранспорта при подъезде к комбайну с заполненным бункером зави-

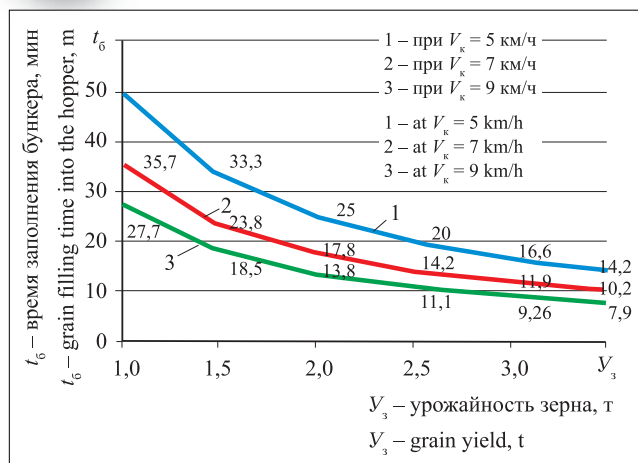


Рис. Продолжительность заполнения зерном бункера комбайна «Енисей-1200» в зависимости от урожайности и скорости движения комбайна

Fig. Grain filling time into the hopper of the Enisey-1200 combine harvester, depending on the yield and the combine harvester speed

сит от расстояния до него и скорости движения транспорта по полю. С помощью мобильной связи комбайнер всегда может определить место необходимой встречи, то есть время маневрирования сейчас сократилось до минимума. По данным ряда машиноиспытательных станций, $t_{\text{ман}} = 2-3$ мин. Время выгрузки зерна из бункера комбайна определили по формуле:

$$t_{\text{выгр}} = V_6 \cdot \gamma_3 / q_{\text{ш}}, \quad (5)$$

где $q_{\text{ш}}$ – производительность выгрузного шнека комбайна, кг/мин.

Для комбайна «Енисей-1200» при $q_{\text{ш}} = 650$ кг/мин, $t_{\text{выгр}}$ равно 3,5 мин.

Время движения автотранспорта по маршруту «поле – ток» определили по формуле:

$$t_{\text{пт}} = 60 \cdot L_{\text{пт}} / V_{\text{пт}}, \quad (6)$$

где $L_{\text{пт}}$ – расстояние от зернотока до поля, км;

$V_{\text{пт}}$ – эксплуатационная скорость движения автотранспорта по этому маршруту, км/ч.

Пользуясь статистическими данными по типовым условиям уборки зерновых в Казахстане, построили серию графиков при разных значениях $L_{\text{пт}}$ и $V_{\text{пт}}$ применительно к типовым хозяйствам:

I категория – $L_{\text{пт}} = 20$ км, $V_{\text{пт}} = 55$ км/ч, $t_{\text{пт}} = 22$ мин; II категория – 12 км, 45 км/ч и 16 мин; III категория – 6 км, 40 км/ч и 9 мин соответственно.

Время движения автотранспорта по маршруту «зерноток – поле» определили по формуле:

$$t_{\text{обр}} = 60 L_{\text{пт}} / V_{\text{пт}}, \quad (7)$$

где $L_{\text{пт}}$ – расстояние от зернотока до поля к возможному месту встречи с комбайном, так как за время $t_{\text{пт}}$, $t_{\text{рт}}$ и $t_{\text{обр}}$ комбайн может изменить свое место расположения (переехать на другой край поля или на другое поле);

$V_{\text{пт}}$ – эксплуатационная скорость движения авто-

транспорта по маршруту «зерноток – поле», км/ч; $V_{\text{пт}}$ больше $V_{\text{тп}}$, так как автотранспорт не загружен.

На практике $L_{\text{пт}} = (1,0 \div 1,1) \cdot L_{\text{тп}}$, а $V_{\text{пт}} = (1,15 \div 1,25) \cdot V_{\text{тп}}$, то есть для хозяйств:

I категории – $L_{\text{пт}} = 1,05 \cdot 20 = 21$ км; $V_{\text{пт}} = 60$ км/ч;

II категории – $L_{\text{пт}} = 1,05 \cdot 12 = 12,6$ км, $V_{\text{пт}} = 54$ км/ч;

III категории – $L_{\text{пт}} = 1,05 \cdot 6 = 6,3$ км, $V_{\text{пт}} = 48$ км/ч.

Тогда для типового хозяйства I категории $t_{\text{обр}} = 19$ мин, II категории – 14 мин, III категории – 7,8 мин.

Время на выгрузку зерна из кузова на зерноток $t_{\text{рт}}$ зависит от организации работ на зерноток, весового оборудования, места складирования семенного зерна. Обычно $t_{\text{рт}} = 3-5$ мин. Принимаем среднее значение – 4 мин.

Подводя итог расчетов времени циклоreyса для типовых хозяйств Казахстана, сложив все составляющие уравнения (1), получили: для хозяйств I категории $T_{\text{цр}} = 68,4$ мин, II – 49,5, III – 35,5 мин.

Приведенный расчет времени циклоreyса транспорта на отвозке зерна по маршруту «поле – ток – поле» отличается от общепринятого, то есть от того, что приводят в различных учебных пособиях по машиноиспользованию [5, 10]. Прежде всего, время на ожидание комбайна с полным бункером принято $0,5t_6$, то есть как половина времени заполнения зерном бункера комбайна, что снижает общую ошибку в сравнении с другими промежуточными вариантами в течение рабочего времени работы комбайна. Далее, сокращено время на маневрирование транспорта при подъезде к комбайну с полным бункером благодаря наличию мобильной связи между комбайнером и водителем. Затем, время движения транспорта по маршруту «поле – ток» и «ток – поле» рассчитано при разных расстояниях перевозки и скоростях движения (раньше учитывали только среднее значение, что менее точно [10]). Грузоподъемность транспорта используется не полностью ввиду специфики технологии перевозки зерна с одновременным облучением его в кузове транспорта, что предполагает равномерное распределение зерна в кузове автотранспорта (без горки). Время облучения зерна в кузове (10-20 мин) всегда меньше $T_{\text{цр}}$, то есть не влияет на продолжительность циклоreyса и количество рейсов.

После расчетов всех составляющих времени циклоreyса $T_{\text{цр}}$ определили производительность одного транспортного средства $W_{\text{цр}}$ за один циклоreyс, т/ч:

$$W_{\text{цр}} = Q_{\text{тр}} K_{\text{ис}} / 60 T_{\text{цр}}, \quad (8)$$

где $Q_{\text{тр}}$ – грузоподъемность транспортного средства, т;

$K_{\text{ис}}$ – коэффициент использования грузоподъемности транспортного средства, который учитывает недоиспользование грузоподъемности автотранспорта, вызванное совмещением операции перевозки зерна в кузове с одновременным облучением его в процессе движения.

Особенность этого процесса заключается в том,

что облучение зерна происходит в слое, который находится строго между двумя панелями облучателя. Зерно выше верхней кромки облучателя не попадает под воздействие. Поэтому кузов заполняют зерном не выше верхней кромки облучателей, то есть без горки над кузовом. С этой целью предложено специальное устройство для выравнивания верхнего слоя зерна (патенты N 2019/0038 от 17.01.2019; N 15435 от 16.04.2019).

Коэффициент использования грузоподъемности транспорта безразмерный:

$$K_{ис} = V_k / V_3, \quad (9)$$

где V_k – объем зерна в кузове автомобиля автотранспорта в пределах габаритов кузова, m^3 ;

V_3 – объем зерна в кузове автотранспорта с горкой, m^3 .

Наблюдения за работой комбайнов совместно с автотранспортом и сделанные измерения показали, что $K_{ис} = 0,85-0,95$, (принимая 0,90). Количество циклов $Z_{цр}$ за один рабочий день определили по формуле [11]:

$$Z_{цр} = T_{см} / T_{цр}, \quad (10)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч.

После этого производительность транспорта за смену W_3 можно вычислить по формуле (8), умножив

$W_{цр}$ на $Z_{цр}$. Общий объем перевозимого зерна с темпом уборки t_y в день известен из характеристики типовых хозяйств по их категориям (табл. 2). Количество потребного транспорта определили из выражения:

$$N_{ат} = t_y / W_{цр} Z_{цр}. \quad (11)$$

Для всех семеноводческих хозяйств Республики Казахстан необходимо иметь 5714 автомобилей, оборудованных облучателями зерна. Для хозяйств I категории требуется 4792 ед., II категории – 640 ед., III категории – 282 ед. и, соответственно, для одного хозяйства в каждой категории: I – 28 ед., II – 5 ед., III – 1 ед.

Выводы

1. Предложили алгоритм классификации зернопроизводящих областей Республики Казахстан по посевным площадям, урожайности зерна, годовым валовым сборам в соответствии со статистическими данными Статуправления Казахстана.

2. Зернопроизводящие области Казахстана объединили в три категории: I – Акмолинская, Костанайская и Северо-Казахстанская области с посевной площадью 11,2 млн га, урожайностью – 1,44 т/га и сбором зерна 16,1 млн т; II категория – Алматинская, Карагандинская, Павлодарская области с соответствующими показателями: 2 млн га; 1,63 т/га; 3,26 млн т, и III категория

Таблица 2

Table 2

ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ УБОРОЧНЫХ РАБОТ В ТИПОВЫХ СЕМЕНОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ ПО ИХ КАТЕГОРИЯМ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН
TECHNICAL AND OPERATIONAL INDICATORS OF HARVESTING OPERATIONS PERFORMED ON TYPICAL SEED FARMS CLASSIFIED BY THEIR CATEGORIES IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Показатели / Indicators	Категории хозяйств Farm categories		
	I	II	III
Общая уборочная площадь под семена, S_n , тыс. га Total harvested area under seeds S_n , thousand ha	472,4	84,0	78,1
Необходимое количество семеноводческих хозяйств, N_c , шт. Required number of seed farms, N_c , units	171	128	282
Общая потребность в семенах ($0,1W_o$), W_c , тыс. т 0,1 W_o / Total amount of seeds required ($0,1W_o$), W_c , thousand tons, 0.1 W_o	1370	277	250
Необходимый сбор семян на одно хозяйство, N_c , тыс. т Required seed yield per one farm, N_c , thousand tons	80,000	2,160	0,986
Средняя площадь одного зернооварного хозяйства, S_x , га Average area of one grain farm, S_x , ha	2800	660	280
Продолжительность уборочного периода, T_y , дней Length of the harvesting period T_y , days	10,0	9,5	9,1
Темп уборки семян в день, t_y Rate of seed harvesting per a day, t_y	800	216	98
Время одного циклорейса, t_y , ч Time of one round trip, t_y , hours	1,14	0,83	0,74
Производительность транспорта за один циклорейс, т/ч Transport performance in one round trip, t/h	3,20	4,33	6,00
Продолжительность рабочего дня, ч Length of a working day, h	10	10	10
Количество рейсов за рабочий день Number of trips per a working day	9	12	17
Производительность одного транспорта в день, т Performance of a single transport unit per a day, t	29	52	102
Необходимое количество транспорта на одно хозяйство, ед. Required number of transport vehicles per a farm, units	28	5	1

– Актыбинская, Западно-Казахстанская, Туркестанская, Восточно-Казахстанская, Жамбылская с показателями: 1,18 млн га; 1,6 т/га 2,94 млн т соответственно.

3. Рекомендуемые годовые поставки семян от каждой категории областей: I – 1,37 млн т, II – 0,28 млн т, III – 0,25 млн т, всего около 2 млн т семян.

4. Рекомендуемое количество семеноводческих хозяйств по категории областей: I – 171, II – 128 и III – 282, всего 581.

5. Для транспортировки зерна с одновременным его

облучением в кузове с целью стимулирования посевных качеств требуется около 5714 автомобилей, из них для хозяйств I категории – 4792, II – 640, III – 282 ед.

6. Определили основные параметры зернопотоков для различных категорий хозяйств. Для I категории: время циклорейса – 68,4 мин, среднесуточной темп уборки – 800 т, производительность автомобиля за один циклорейс – 3,2 т, количество рейсов в день – 9; для II категории, соответственно, 49,5 мин; 216 т; 4,33 т; 12 циклорейсов; для III категории – 35,5 мин; 98 т; 6,0 т; 17 циклорейсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шибряева Л.С., Садыков Ж.С. Влияние воздействия разных видов излучения на зерновой материал СВМ. Алматы: Агроуниверситет. 2015. 119 с.
2. Жалнин Э.В., Шибряева Л.С., Садыков Ж.С. Низкочастотное электромагнитное облучение зерна в зерноуборочном комбайне // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2016. №2. С. 16-20.
3. Кондратенко Е.П., Соболева О.М., Егорова И.В., Вербицкая Н.В. Моделирование признаков посевных качеств семян пшеницы под влиянием электромагнитной обработки // *Вестник Краснодарского ГАУ*. 2014. №2. С. 157-161.
4. Ерохин А.И. Применение электромагнитных полей для предпосевной обработки семян // *Земледелие*. 2012. №5. С. 46-48.
5. Соболева О.М. Изменчивость биометрических показателей проростков пшеницы под влиянием электромагнит-

- ного поля // *Вестник Алтайского аграрного университета*. 2014. Т. 119. С. 45-50.
6. Свиричевский Б.С. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Госиздательство сельскохозяйственной литературы. 1958. 660 с.
7. Гоберман В.А. Вопросы проектирования и расчета в сельском хозяйстве // *Научные труды ВИМ*. 1972. Вып. 47. 139 с.
8. Пьянов В.С. Крупнотоварное производство зерна. Ставрополь: АГРУС. 2014. 244 с.
9. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. М.: Наука. 1978. 700 с.
10. Шепелев С.Д., Окунев Г.А. Проектирование поточных линий на уборке урожая: Монография. Челябинск, 2006. 162 с.
11. Евтюшенков Н.Е., Бисенов Г.С. Совершенствование транспортно-погрузочных работ // *Сельский механизатор*. 2013. №8. С. 39.

REFERENCES

1. Shibryaeva L.S., Sadykov Zh.S. Vliyanie vozddeystviya raznykh vidov izlucheniya na zernovoy material SVM [Influence of different types of irradiation on grain material in SVM grain dryer]. Almaty: Agrouniversitet. 2015. 119 (In Russian).
2. Zhalnin E.V., Shibryaeva L.S., Sadykov Zh.S. Nizkochastotnoye elektromagnitnoye obluchenie zerna v zernouborochnom kombaine [Low-frequency electromagnetic irradiation of grain inside a combine harvester]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016. №2. 16-20 (In Russian).
3. Kondratenko E.P., Soboleva O.M., Egorova I.V., Verbitskaya N.V. Modelirovaniye priznakov posevnykh kachestv semyan pshenitsy pod vliyaniem elektromagnitnoy obrabotki [Modeling some indicators of sowing qualities of wheat seeds under the influence of electromagnetic treatment]. *Vestnik Krasnodarskogo GAU*. 2014. №2. 157-161 (In Russian).
4. Erokhin A.I. Primeneniye elektromagnitnykh poley dlya predposevnoy obrabotki semyan [Use of electromagnetic fields for pre-sowing treatment of seeds]. *Zemledeliye*. 2012. №5. 46-48 (In Russian).
5. Soboleva O.M. Izmenchivost' biometricheskikh pokazateley prorostkov pshenitsy pod vliyaniem elektromagnitnogo po-

- lya [Variability of biometric indicators of wheat germs under the influence of an electromagnetic field]. *Vestnik Altayskogo agrarnogo universiteta*. 2014. Vol. 119. 45-50 (In Russian).
6. Svirshchevskiy B.S. Ekspluatatsiya mashinnotraktornogo parka [Operation of the machine and tractor fleet]. Moscow: Gosizdatel'stvo sel'skokhozyaystvennoy literatury. 1958. 660 (In Russian).
7. Gberman V.A. Voprosy proektirovaniya i rascheta v sel'skom khozyaystve [Some aspects of design and calculation in agriculture]. *Nauchnye trudy VIM*. 1972. Issue 47. 139 (In Russian).
8. P'yanov V.S. Krupnotovarnoye proizvodstvo zerna [Large-scale grain production]. Stavropol': AGRUS. 2014. 244 (In Russian).
9. Sobol' I.M. Metod Monte-Karlo [Monte-Carlo method]. Moscow: Nauka. 1978. 700 (In Russian).
10. Shepelev S.D., Okunev G.A. Proektirovaniye potochnykh liniy na uborkе urozhaya: Monografiya [Designing production lines for harvesting: Monograph]. Chelyabinsk, 2006. 162 (In Russian).
11. Evtyushenkov N.E., Bisenov G.S. Sovershenstvovaniye transportno-pogruzochnykh rabot [Improving cargo handling operations]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2013. №8. 39 (In Russian).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 24.06.2019
The paper was submitted
to the Editorial Office on 24.06.2019

Статья принята к публикации 07.11.2019
The paper was accepted
for publication on 07.11.2019