



УДК 631.354

DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-4-9

Обоснование уборочно-транспортных процессов в селекционных технологиях

Андрей Юрьевич Измайлов,
доктор технических наук, академик
Российской академии наук, директор;
Виктор Федорович Рожин,
старший научный сотрудник,
e-mail: vim-transport@mail.ru;

Екатерина Петровна Шилова,
старший научный сотрудник;
Максим Викторович Иванов,
инженер;
Дмитрий Николаевич Кынев,
младший научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация

Высококачественные семена – самый низкочастотный фактор увеличения производства сельскохозяйственной продукции. Один из важнейших этапов в селекции и семеноводстве – уборочно-транспортный процесс. Установили, что, согласно действующей инструкции, семена высших репродукций хранят и перевозят в затаренном виде. В качестве тары обычно используют тканевые мешки. При этом операции заполнения и опораживания мешков выполняются исключительно вручную. Отметим, что затраты, связанные с упаковкой и складированием готовых семян в мешкотаре, достигают (без учета стоимости мешков) 15-20 процентов от общих затрат на подготовку семян к посеву. С целью механизации ручного труда на III и IV этапах селекционных работ мешкотару заменяют контейнерами. Разработали контейнерный способ уборки и послеуборочной переработки семян зерновых культур на предпоследней стадии внутреннего селекционного оборота с объемами выхода урожая в одном питомнике 1,5-3,0 т и валовым сбором со всех питомников до 15 т. Показали, что энергозатраты в контейнерной технологии меньше, чем в базовой, в 6,7 раза, эксплуатационные затраты – в 4,79, трудовые – в 2,59, расход топлива – в 4,84 раза.

Ключевые слова: селекционные посевы, уборка семян зерновых культур, ручной труд, контейнерная технология, математическая модель, экономическая эффективность.

Для цитирования: Измайлов А.Ю., Рожин В.Ф., Шилова Е.П., Иванов М.В., Кынев Д.Н. Обоснование уборочно-транспортных процессов в селекционных технологиях // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №1. С. 4-9. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-4-9

Substantiation of harvesting and transportation processes in selection technologies

Andrey Yu. Izmailov,
Dr. Sc. (Eng.), member of RAS, director;
Viktor F. Rozhin,
senior researcher,
e-mail: vim-transport@mail.ru;

Ekaterina P. Shilova,
senior researcher;
Maksim V. Ivanov,
engineer;
Dmitriy N. Kynev,
junior researcher

Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation,
*e-mail: vim-transport@mail.ru

High-quality seeds are the lowest-cost factor in increasing agricultural production. One of the most important stages in breeding and seed production is the harvesting and transport process. According to the current regulations the seeds of higher reproductions are stored and transported in a bagged form. Cloth sacks are usually used in seed production. In this case, the filling and emptying of bags is performed exclusively by hand. The costs associated with the packaging and storage of ready-to-use seeds in the sack tare reach 15-20 percent (excluding the cost of bags) of the total cost of seed preparation for sowing. With the aim of mechanizing manual labor in the III and IV stages of breeding, the sack tare is replaced with containers. VIM developed a container method for harvesting and post-harvest processing of grain seeds at the penultimate

stage of the internal selection of seeds with yields in a nursery of 1.5-3.0 t and gross yield from all nurseries to 15 t. Energy consumption at container technology use is 6.7 times less than at the base one, operating costs – 4.79, labor costs – 2.59, fuel consumption – 4.84 times.

Keywords: Selection crops; Harvesting of grain seeds; Manual labor; Container technology; Mathematical model; Economic efficiency.

For citation: Izmoilov A.Yu., Rozhin V.F., Shilova E.P., Ivanov M.V., Kynev D.N. Substantiation of harvesting and transportation processes in selection technologies. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12; 1: 4-9. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-4-9 (In Russian)

Существующий в настоящее время способ уборки селекционных посевов зерновых культур включает следующие операции: укладку 60 мешков на платформе комбайна; сбор урожая селекционного номера в процессе движения уборочного комбайна по опытным делянкам ярусов с затариванием зерна в мешки; их маркировку в период остановки комбайна на доочистку от остатков зерна номера и последующее формирование из них нескольких куч. Рабочий цикл селекционного комбайна повторяется на других делянках. Урожай зерна селекционных номеров в мешкотаре загружают в транспортное средство из сформированных куч, затем перевозят на стационар, где сушат до соответствующей кондиции, взвешивают, определяют влажность каждой порции зерна селекционных номеров и отвозят их на хранение [1, 2].

Данный технологический процесс требует больших затрат ручного труда, малопроизводителен и при большом количестве номеров селекционных делянок не обеспечивает их уборку в оптимальные агротехнические сроки.

Базовая технология ориентирована на комбайны устаревших конструкций типа *Sampo 130* со сбором зерна в мешки. Сбор и отвоз зерна на пункт от комбайнов осуществляется различным транспортом, свободным от основных работ [3-6].

Переход на контейнерную технологию предлагается разделить на два этапа [7]. На первом – 4 контейнера, подвозимые самоходным шасси типа СШ-28, ВТЗ-СШ-30 или автомобилем с манипулятором, расставляют по делянкам яруса и складывают в них промаркированные мешки с убранных делянок. Тем самым устраняются ручные операции погрузки мешков из куч в транспортное средство, их разгрузки на пункте сушки и, соответственно, на последующих перевалочных стадиях. Для реализации второго этапа необходимо внести конструктивные изменения в выгрузное устройство комбайна типа *Sampo 130*, чтобы выгрузку можно было вести непрерывно в два контейнера, последовательно переключая заслонку между патрубками, либо использовать новые комбайны типа *Wintersteiger*.

Для определения эффективности предлагаемой контейнерной технологии необходимо разработать методику, математическую модель, алгоритм и при-

кладное программное обеспечение, позволяющие оценить достоинства новой технологии по сравнению с существующей.

Цель исследований – разработка математической модели для моделирования технологий по транспортированию урожая селекционных номеров от комбайнов в базовой и контейнерной схемах для расчета оценочных показателей.

Материалы и методы. Новейшие зарубежные ресурсосберегающие технологии ориентированы на современные селекционно-уборочные комбайны [8-10]. Для их применения в отечественном селекционном семеноводстве необходимо разработать перспективные транспортные и погрузочные средства, работающие взаимосвязанно с высокопроизводительными комбайнами.

Исходя из этого в математическую модель заложены два варианта перевозки урожая от селекционно-уборочных комбайнов:

а) базовая: с использованием комбайна типа *Sampo 130*, собирающего урожай делянки в мешочки с их сбором, погрузкой и транспортированием тракторными самоходными шасси на пункт доработки;

б) контейнерная: на первом этапе внедрения – сбор зерна в мешки с погрузкой их в контейнеры и отвозом последних транспортным средством, снабженным погрузочным манипулятором; на втором – от конструктивно доработанного или современного комбайна типа *Wintersteiger* сбор осуществляется в секции контейнера с последующей перевозкой транспортным средством, оснащенный перегрузочным манипулятором.

Представленный Владимирским НИИСХ обширный объем информации по исследуемым культурам, видам селекционных работ и популяциям, размерам и количеству посеянных и убираемых делянок, их урожайности, а также расстояниям перевозки семенной продукции требовал ее систематизации для последующего использования.

В 2016 г. специалисты ВИМ провели во Владимирском НИИСХ наблюдение за уборкой делянок озимой пшеницы с одновременным хронометражем этапов уборочного цикла. После статистической обработки хронометражных данных их средняя величина, дисперсии и вариации сведены в *таблицу 1*.

Table 1		Таблица 1	
СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ УБОРКИ ДЕЛЯНОК ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ STATISTICAL INDICATORS OF WINTER WHEAT HARVESTING ON PLOTS			
Технологические операции Technological operations	Среднее время, с Average time, s	Дисперсия Dispersion	Вариация, % Variation, %
Подготовка комбайна и уборка (<i>Sampo 130</i>): Combine preparation and harvesting (<i>Sampo 130</i>):			
укладка 60 мешков на платформу stacking 60 bags on the platform	29,46	-	-
завязывание мешка на патрубок tying the bag on the pipe	10,01	-	-
прямое комбайнирование 4 делянок direct harvesting on 4 plots	59,00	0,62	0,38
остановка с доочисткой комбайна* stop with additional cleaning of the harvest*	83,45	0,55	0,30
смена мешка* bag change*	14,01	1,42	2,01
разворот и переезд к следующему ярусу turn and move to the next tier	75,53	1,96	3,86
доочистка хедера, post-cleaning of the heder	9,52	1,77	3,12
Хронометражное время, с Timing, s	236-260		
Завязывание мешка, маркировка, укладка на поле в кучки* Tying the bag, marking, heaps laying on the field*	28,56	5,80	33,67
Погрузка 1 мешка в транспортное средство (погрузка трактористом, переезжающим от кучки к кучке) Loading 1 bag into the vehicle (loading by a tractor driver moving from a heap to a heap)	15,37	2,65	17,50
*Работы, выполняемые вспомогательными рабочими одновременно *Works carried out by auxiliary workers at the same time			

В качестве основного показателя, оценивающего эффективность новой технологии, принято снижение суммарных трудозатрат на уборку, транспортирование и выполнение немеханизированных операций. Дополнительно определяют эксплуатационные и энергозатраты.

Основным параметром в любом технологическом процессе служит время, затрачиваемое на весь цикл операций. Следовательно, для определения «узких» мест, снижающих производительность, этот цикл необходимо разложить на временные составляющие, чтобы выделить критические.

Наиболее распространенными критериями оценки технологии, количественного и качественного состава технической оснащенности уборочно-транспортных работ и послеуборочной обработки урожая любой культуры будут такие характеристики, как: минимум затрат средств, труда, энергии на единицу продукции, максимум производительности, минимальные потери продукции, качественные показатели конечного продукта и др.

В зависимости от задачи используют один или несколько критериев оптимизации. В связи с ростом цен на энергоносители все большее значение придается энергоёмкости и суммарным затратам средств на единицу продукции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Работа алгоритма начинается с запуска головной программы *menu.prg*, которая активирует экранную форму *tehnol.frx*, и пользователю предоставляется возможность выбора технологии и зерновой культуры, по которой будет выполнено моделирование уборочно-транспортных процессов. После того как пользователь выберет культуру, переменным памяти будут присвоены коды культуры, уборочной и погрузочно-транспортной техники. Далее управление передается процедуре инициализации таблиц базы данных, в которых по ранее присвоенным переменным памяти устанавливают связи с соответствующими данными по уборочной и погрузочно-транспортной технике, на их основе далее производят компьютерное моделирование [9].

В целом блок-схема моделирования включает следующие этапы:

1. Запуск программы *menu*.
2. Передача управления экранной форме *tehnol.scx*, выбор технологии.
3. Присвоение значения кода вида технологии переменной $n_{teh} = n_t$.
4. Инициализация таблиц БД: *Tehnol*, *kombain*, *traktor* и др.
5. Открытие таблицы *Tehnol* и нахождение запи-



си, соответствующей коду *nteh*.

6. Последовательный переход к таблицам *kombain*, *traktor*, нахождение записей с кодами из *Tehmol*.

7. Запуск процедуры *kombain*.

8. Моделирование работы комбайна, запись результатов в файл.

9. Запуск процедуры *traktor*.

10. Моделирование работы транспорта, запись результатов в файл.

11. Запуск процедуры *EKONOM*, расчет экономических показателей.

12. Запуск процедуры формирования отчета моделирования технологии.

13. Запуск процедуры вывода расчетов на экран/принтер.

14. Окончание моделирования.

После того как прошла инициализация таблиц БД и установлены связи таблиц с информацией по техническим средствам с таблицей технологии (*tehnol.dbf*), процедура моделирования работы селекционного комбайна осуществляется по следующему алгоритму.

Открывают таблицу *tehnol.dbf* и из всех данных выбирают только записи с кодами, соответствующими коду культуры, выбранной в экранной форме *tehnol.scx*.

Далее в цикле по всем питомникам и популяциям происходит проверка максимального количества делянок $k_delx > 1$. Если это условие выполнено, то моделируется работа комбайна по базовой или контейнерной технологиям. В противном случае речь идет о селекционных работах 4-го этапа в питомнике селекционного размножения, и моделируется работа бункерного комбайна.

Если $k_delx = 1$, то переменной *nd* (количество обрабатываемых делянок в ярусе) присваивается единица $nd = 1$, если $k_delx > 1$, то $nd = 4$.

В соответствии с этим далее рассчитывают среднюю площадь делянки, массу зерна, собираемого с нее при известном математическом ожидании урожайности, пропускную способность комбайна в зависимости от коэффициента соломистости культуры и чистую погектарную производительность.

Исходя из значений урожайности, соломистости и пропускной способности комбайна определяют его агротехнически допустимую скорость.

На следующем этапе работы алгоритма, если $nd = 4$, рассчитывают продолжительность уборки 4 делянок яруса, разворота и время на переезд с заездом на обработку следующего яруса. При $nd = 1$ определяют время заполнения бункера и продолжительность выгрузки урожая в транспорт.

На основе хронометражных, нормативных и расчетных данных, составляющих этапы работы комбайна, вычисляют время его цикла и коэффициент использования времени смены.

Используя данные по чистой погектарной производительности, коэффициенту использования времени смены и математическому ожиданию урожайности, рассчитывают эксплуатационную производительность комбайна, требуемое их количество и продолжительность уборки всех популяций данной культуры.

На практике транспортно-погрузочный процесс в традиционной технологии сводится к двум вариантам, которые отличаются количеством вспомогательных рабочих, выполняющих погрузку мешков с зерном из кучек в транспортное средство. В обоих вариантах используется транспортное средство (автомобиль или трактор с прицепом), переезжающее от кучки к кучке. В одном варианте вспомогательные рабочие грузят мешки в кузов ТС, а в другом эту операцию выполняет водитель/тракторист, выходя из транспортного средства. В зависи-

Table 2		Таблица 2	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕХОДА НА КОНТЕЙНЕРНУЮ ТЕХНОЛОГИЮ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЗЕРНА В СЕЛЕКЦИОННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ			
EFFICIENCY OF TRANSITION TO CONTAINER TECHNOLOGY OF GRAIN TRANSPORTATION IN SELECTION PRODUCTION			
Показатели Indicators	Технология / Technology		Экономия, % Cost-cutting, %
	базовая basic	контейнерная container	
Всего делянок (среднее количество), ед. Total plots (average number), units	3292		-
Суммарная масса урожая, кг Total yield, kg	14441		-
Энергетические затраты на транспорт, МДж Energy costs for transport, MJ	7244	1079	85,1
Эксплуатационные затраты на транспорт, руб. Operating costs for transport, rubles	12692	2649	79,1
Затраты труда на транспорт, чел.ч Labor costs for transport, man hours	96,0	37,0	61,5
Расход топлива на транспорт, кг Fuel consumption for transport, kg	91,7	18,9	79,3

мости от расстояний и количества мешков в них продолжительность погрузки одного мешка вместе с переездом составляет от 15,55 до 24,06 с, что эквивалентно 0,008906 чел.·ч при 3 грузчиках и одном водителе и 0,004319 чел.·ч, если работу выполняет только водитель.

Процесс замены традиционной технологии на контейнерную происходит следующим образом. Контейнеровоз на базе ГАЗ-3302 или ВТЗ-СШ-30, оборудованных гидроманипуляторами, привозит в поле и расставляет контейнеры около делянок яруса. В процессе уборки делянок рабочие складывают завязанные и промаркированные мешки в контейнеры, которые после полного заполнения или окончания уборки перевозят к месту временного хранения.

Результаты компьютерного моделирования ба-

зовой и контейнерной технологий из всех расчетных данных сопряжены с изменениями производительности, трудовых, эксплуатационных и энергетических затрат на тонну урожая в зависимости от количества делянок, общей площади исследуемой культуры и расстояния перевозимого груза (табл. 2).

Выводы. Наши исследования подтвердили целесообразность замены базовой технологии уборки селекционных популяций зерновых культур и транспортировки семян в мешках на альтернативную, с использованием контейнеров, которая исключает физический труд вспомогательных рабочих. Контейнерный сбор семян от комбайна и механизированная погрузка контейнеров с зерном сокращает затраты на транспорт: энергетические – на 85,1%; эксплуатационные – на 79,1%; труда – на 61,5%, а также снижает расход топлива на 79,3%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. РФ 2236110, МПК А01 D41/02. Комбайн семенно-уборочный-2 / Пестряков Л.А. // Бюл. 2004.
2. Измайлов А.Ю. Применение сборочно-контейнерных транспортных систем в сельском хозяйстве // *Техника в сельском хозяйстве*. 2007. N2. С. 24-26.
3. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е. Эффективность новых транспортных технологий в АПК // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2009. N2. С. 32-37.
4. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Развитие производств техники для селекции и семеноводства – одна из приоритетных задач сельскохозяйственного машиностроения // *Состояние и развитие регионального машиностроения*: Сборник. М., 2010. С. 96-103.
5. Лобачевский Я.П. Проблема механизации работ в селекции и семеноводстве // «Золотая осень» – демонстрация достижения российских аграриев: Сборник. М.: Росинформагротех, 2010. С. 110-111.
6. Евтюшенков Н.Е., Измайлов А.Ю., Рожин В.Ф., Би-

сенов Г.С. Выбор технологий транспортного обслуживания уборочных машин // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2013. N2. С. 17-19.

7. L. Kocsis, M. Herdovics, J. Deákvári, and L. Fenyvesi. Corn drying experiments by pilot dryer. *Agronomy Research*. Vol. 9 Biosystem Engineering. 2011. Special Issue 1: 91-97.

8. Sadjad Abasi & Saeid Minaei. Effect of Drying Temperature on Mechanical Properties of Dried Corn. *Drying Technology*. 2014. Vol. 32; 7: 774-780.

9. Sadjad Abasi, Saeid Minaei, and Mohammad Hadi Khoshnaghza. Performance of a recirculating dryer equipped with a desiccant. *Drying Technology*. 2016. Vol. 34; 8: 863-870.

10. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Кынев Н.Г. Вим – основатель производства селекционной техники в России // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2008. N4. С. 9-11.

REFERENCES

1. Patent RF 2236110, MPK A01 D41/02. Kombayn semennoborochnyy-2 [Seeds harvester-2]. Pstryakov L.A. Byul. 2004. (In Russian)
2. Izmaylov A.Yu. Application of assembly and container transport systems in agriculture. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2007; 2: 24-26. (In Russian)
3. Izmaylov A.Yu., Evtyushenkov N.E. Efficiency of new transport technologies in agrarian and industrial complex. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2009. N2. S. 32-37. (In Russian)
4. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Development of productions of machinery for selection and seed production is one of priority problems of agricultural machine industry. *Sostoyanie i razvitie regional'nogo mashinostroeniya*: Sbornik. Moscow, 2010: 96-103. (In Russian)

5. Lobachevskiy Ya.P. Problem of mechanization of works in selection and seed production. «Zolotaya osen'» – demonstratsiya dostizheniya rossiyskikh agrariyev: Sbornik. M.: Rosinformagrotekh, 2010: 110-111. (In Russian)

6. Evtyushenkov N.E., Izmaylov A.Yu., Rozhin V.F., Bisenov G.S. Choice of technologies for transport maintenance of harvesting machines. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2013; 2: 17-19. (In Russian)

7. L. Kocsis, M. Herdovics, J. Deákvári, and L. Fenyvesi. Corn drying experiments by pilot dryer. *Agronomy Research*. Vol. 9 Biosystem Engineering. 2011. Special Issue 1: 91-97. (In Hungarian)

8. Sadjad Abasi & Saeid Minaei. Effect of Drying Temperature on Mechanical Properties of Dried Corn. *Drying Technology*. 2014. Vol. 32; 7: 774-780. In English)

9. Sadjad Abasi, Saeid Minaei, and Mohammad Hadi Khoshtaghaza. Performance of a recirculating dryer equipped with a desiccant. *Drying Technology*. 2016. Vol. 34; 8: 863-870. (In English)

10. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Kynev N.G. WIM is the founder of selection machinery production in Russia. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2008; 4: 9-11. (In Russian)

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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



УДК 631.3: 004.422

DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-9-15

Совокупность информационных технологий и их роль в автоматизации сельскохозяйственного производства

Валентин Викторович Альт, доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, руководитель научного направления, e-mail: altvictor@ngs.ru

Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий РАН, Центральная ул., 2б, п.г.т. Краснообск, Новосибирская область, 630501, Российская Федерация

Современные предприятия АПК характеризуются высоким уровнем автоматизации технологических процессов и относятся по уровню технологического развития к 5 и 6 технологическим укладам. В растениеводстве и животноводстве применяют автоматические и автоматизированные технологии, использующие данные интернет-технологий, аэрокосмических съемок и наблюдений, автоматизированного вождения машинотракторных агрегатов. На основе систематизации потоков информации сформировано ядро моделей и создан ряд информационных моделей сельскохозяйственных объектов. Анализ результатов моделирования биологических объектов, ценозов, экосистем, агроценозов и агроэкосистем показал, что наиболее приемлемым типом модели является системно детерминированная динамическая модель потенциально эффективного типа. Разработана интернет ориентированная база данных инновационных разработок институтов аграрного профиля. В ней размещена информация о сортах, машинах, средствах механизации, электрификации и технологиях в растениеводстве, животноводстве, кормопроизводстве, кормоприготовлении, защите растений, биотехнологиях, механизации, ветеринарии и переработке сельскохозяйственной продукции. База данных позиционируется как предметно-ориентированная, поисковая база данных в интернет-пространстве. Определен перечень показателей, которым соответствует созданная архитектура базы данных. Сформировано более 20 различных баз данных сельскохозяйственного назначения. Установлено, что эти базы данных полезны для сельхозтоваропроизводителей, а также организаторов сельскохозяйственного производства, ученых, преподавателей и студентов. В базах представлена информация об основных показателях инновационных продуктов и институтах – разработчиках инновационных решений.

Ключевые слова: автоматизация технологических процессов, информационные потоки, базы данных, дистанционное зондирование, информационная модель.

■ **Для цитирования:** Альт В.В. Совокупность информационных технологий и их роль в автоматизации сельскохозяйственного производства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №1. 9-15. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-9-15

Set of information technologies and their role in automation of agricultural production

Valentin V. Alt, Dr. Sc. (Eng.), professor, member of the Russian Academy of Sciences, head of scientific field, e-mail: altvictor@ngs.ru

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Tsentral'naya, 2b, town set. Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russian Federation,