

УДК 631.355.06

## РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ МАШИННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ КУКУРУЗОУБОРОЧНЫХ МАШИН

**ЛОБАЧЕВСКИЙ Я.П.<sup>1</sup>,**  
докт. техн. наук,  
профессор,

**ТРУБИЛИН Е.И.<sup>2</sup>,**  
докт. техн. наук,  
профессор,

**ТРУФЛЯК Е.В.<sup>2</sup>,**  
докт. техн. наук,  
профессор

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация

<sup>2</sup>Кубанский государственный аграрный университет, ул. Калинина, 13, г. Краснодар, 350044, Российская Федерация, e-mail: trubilinei@mail.ru

*Увеличить производство кукурузы можно, если повысить ее урожайность и снизить потери на всех этапах уборочного цикла. Для этого необходимы современные высокоэффективные ресурсосберегающие технологии и технические средства уборки и послеуборочной обработки кукурузы в едином комплексе. Предложили концепцию многоуровневого системного подхода к взаимосвязанному функционированию всех подсистем производственных процессов заготовки кукурузы (от уборки до переработки и хранения урожая) по критерию ресурсосбережения. Обосновали необходимость применения ресурсосберегающих технологий уборки кукурузы в початках с их обмолотом в поле и с получением зерностержневой смеси. Выявили, что минимум совокупных затрат энергии при уборке кукурузы в початках (1005,3 МДж/т) обеспечивает технология с использованием самоходного пиккер-хескера. Показали, что для уборки кукурузы с обмолотом початков в поле (724,4 МДж/т) рациональная технология включает уборку комбайном с аксиально-роторным молотильно-сепарирующим устройством на базе новых конструктивно-технологических решений. Выявили наиболее эффективную технологию при уборке кукурузы – с использованием на корм зерностержневой смеси (638,5 МДж/т). Разработали структурную схему и математическую модель оптимизации параметров и режимов работы технических средств. Установили, что в результате оптимизации модернизация кукурузоуборочного агрегата обеспечила снижение энергозатрат с 260,4 до 228,2 МДж/т, или на 12,4 процента; повышение производительности комбайна – с 3,4 до 4,6 га/ч, или в 1,4 раза, пропускной способности – с 12,3 до 14,7 кг/с, или в 1,2 раза. Определили оптимальные параметры агрегата: ширина захвата жатки составила 8,4 м, рабочая скорость движения – 6,6 км/ч, масса комбайна – 18180 кг, мощность двигателя – 224,8 кВт, оптимальные сроки уборки кукурузы на зерно – 8 дней.*

**Ключевые слова:** технологии уборки кукурузы, кукурузоуборочные машины, ресурсосбережение.

**К**укуруза – важная продовольственная и кормовая культура. Потребность России в кукурузном зерне составляет более 10 млн т, в то время как его валовой сбор находится на уровне 2-3 млн т при средней урожайности 3,3 т/га, что в 1,5-2 раза ниже, чем в европейских странах.

Для увеличения объема производства кукурузы необходимо повысить ее урожайность и снизить потери на всех этапах уборочного цикла.

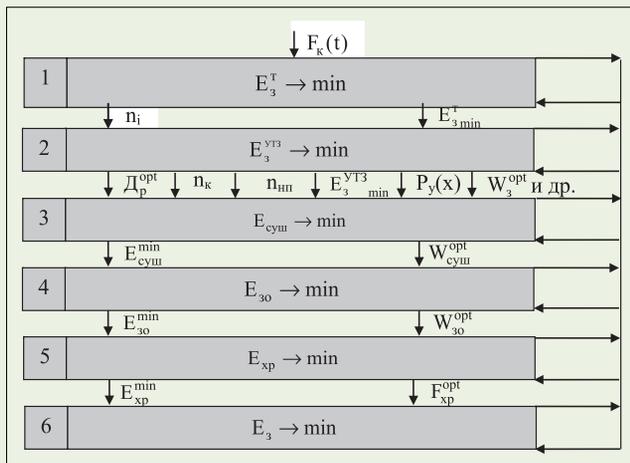
**Цель исследования** – разработка современных

высокоэффективных, ресурсосберегающих технологий и технических средств уборки и послеуборочной обработки кукурузы в едином комплексе [1-4].

**Материалы и методы.** Обобщение известных технологий уборки кукурузы как в России, так и за рубежом позволило разработать структуру технологических схем уборки кукурузы на зерно [5-8].

Рассмотрим алгоритм оптимизации параметров, режимов работы машин уборочно-транспортного звена (УТЗ) и обоснование выбора рационального

комплекса машин для уборки кукурузы, транспортировки, послеуборочной обработки и хранения зерна. На *рисунке 1* представлена структурная схема иерархии решения поставленных задач.



*Рис. 1. Структурная схема иерархии задач оптимизации процессов уборки, транспортировки, послеуборочной обработки и хранения зерна кукурузы*

На **первом** уровне решают задачу выбора наиболее эффективной ресурсосберегающей технологии уборки кукурузы с учетом природно-производственных условий. В качестве исходной информации на этом этапе учитывают почвенно-климатические условия, сорта и гибриды кукурузы, различные варианты технологий, соответствующие уборочные и транспортные средства, сушильные комплексы, зерноочистительные машины, складские помещения для хранения урожая. Все перечисленные факторы обобщенно представлены на структурной схеме значением  $F_k(t)$ . В качестве критерия эффективности на этом и на всех последующих этапах принят минимум совокупных затрат энергии на выполнение всех производственных процессов заготовки кукурузы. Основным результатом исследования на первом уровне схемы станут возможные варианты  $n_i$  наиболее эффективных технологий уборки кукурузы, характеризующиеся минимальным значением совокупных затрат энергии  $E_3^T$ .

**Второй** уровень оптимизации связан с моделированием УТЗ для уборки кукурузы с учетом зональных факторов. Выходы из второй подсистемы:  $D_p^{opt}$  – оптимальная продолжительность уборки кукурузы на зерно;  $W_3^{opt}$  – оптимальная производительность УТЗ;  $P_y(x)$  – обобщенное обозначение оптимальных параметров технических средств УТЗ;  $E_{мин}^{YT3}$  – минимальное значение критерия оптимизации и др. В качестве оптимальных параметров технических средств определяют: мощность двигателя комбайна  $N_e^k$  и трактора  $N_e^{mp}$ , агрегируе-

мого с накопителем-перегрузчиком зерна; рабочую ширину захвата жатки  $B_p$ ; рабочую скорость  $V_p$  движения комбайна; емкость бункера  $V_6$  комбайна; емкость  $V_{nn}$  накопителя-перегрузчика; массу комбайна  $G_k$ , трактора  $G_{mp}$  и накопителя-перегрузчика  $G_{nn}$ ; потребное количество  $n_k$  комбайнов, накопителей-перегрузчиков  $n_{nn}$ , их производительность; оптимальную уборочную площадь  $F_{opt}$  и др.

На **третьем** уровне с учетом поступающей от УТЗ массы зерна  $W_3^{opt}$  выбирают оптимальные параметры сушильного агрегата. В качестве критерия оптимизации используется минимум совокупных затрат энергии  $E_{суш}^{min}$ . Основным результатом исследований, кроме  $E_{суш}^{min}$ , является также оптимальная производительность сушилки  $W_{суш}^{opt}$ .

На **четвертом** уровне системы обосновывают оптимальные параметры зерноочистительного комплекса по тому же критерию оптимизации. Основным результатом исследований на данном уровне – оптимальная производительность  $W_{зо}^{opt}$  зерноочистительного комплекса и минимальное значение затрат совокупной энергии на выполнение производственного процесса.

На **пятом** уровне системы оптимизируют площадь  $F_{xp}$  складского помещения (хранилища зерна) в зависимости от количества поступающего зерна. Критерий оптимизации – минимум совокупных затрат энергии  $E_{xp}^{min}$  на хранение зерна.

На **шестом**, заключительном, уровне оптимизируют удельные совокупные затраты энергии  $E_3$  на выполнение всех производственных процессов уборки, транспортировки, сушки, очистки и хранения зерна, то есть всех взаимосвязанных работ уборочного комплекса.

На *рисунке 2* показана взаимосвязь элементов технологий уборки кукурузы.

**Результаты и обсуждение.** Применительно к выбранным ресурсосберегающим технологиям уборки кукурузы (1-й уровень структурной схемы) выполняют последующие исследования. На втором уровне решают задачу оптимизации параметров и режимов работы УТЗ, в состав которого входит зерноуборочный комбайн для обмолота початков, измельчения и разбрасывания незерновой части урожая, накопитель-перегрузчик с трактором для перевозки зерна от комбайна на ток или к большегрузному транспортному прицепу, который доставляет урожай для послеуборочной обработки.

Для решения оптимизационной задачи была разработана математическая модель, увязывающая производственно-технологические условия, конструктивные параметры, режимы работы машины, которые представлены в виде переменных, констант, коэффициентов, систем неравенств и уравнений и объединены целевой функцией  $E_3$  – мини-

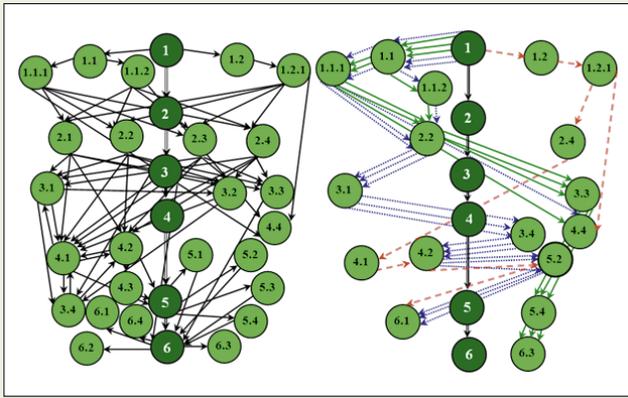


Рис. 2. Структура технологических схем уборки кукурузы на зерно:

1 – уборка кукурузы; 1.1 – уборка в початках; 1.2 – уборка с обмолотом початков; 1.1.1 – самоходные машины; 1.1.2 – прицепные машины; 1.2.1 – жатки; 2 – транспортировка на стационар; 2.1 – прицепы тракторные и автомобильные; 2.2 – автомобили; 2.3 – большегрузные транспортные прицепы; 2.4 – накопители-перегрузчики; 3 – обработка початков; 3.1 – очистители початков; 3.2 – сортировщики початков; 3.3 – измельчение початков; 3.4 – обмолот початков; 4 – обработка урожая; 4.1 – зерносушилки; 4.2 – очистка зерна, калибрование; 4.3 – упаковка готовой продукции; 4.4 – измельчение стеблей; 5 – транспортировка на хранение; 5.1 – прицепы тракторные; 5.2 – автомобили; 5.3 – большегрузные транспортные прицепы; 5.4 – накопители-перегрузчики; 6 – хранение; 6.1 – металлические хранилища; 6.2 – бурты; 6.3 – хранилища из полимерных рукавов; 6.4 – траншеи;

**сравниваемые технологии:**

- ▶ – в початках;
- ▶ – с обмолотом;
- ▶ – на зерностерженную смесь

мизацией затрат совокупной энергии на выполнение производственных процессов уборки и транспортировки зерна кукурузы в составе УТЗ:

$$E_3 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^y \sum_{k=1}^k \left( \frac{E_{ijk}}{W_{ijk}} + \eta_{\text{Э}} \cdot q_{mijk} \right) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $E_{ijk}$  –  $i$ -я составляющая совокупных затрат энергии  $j$ -го агрегата на  $k$ -той сельскохозяйственной работе, МДж/ч;

$W_{jk}$  – производительность  $j$ -го агрегата на  $k$ -ой сельскохозяйственной работе за 1 ч сменного времени, т/ч;

$\eta_{\text{Э}}$  – энергетический эквивалент дизельного топлива, МДж/кг;

$q_{T_{jk}}$  – удельный расход топлива при выполнении  $k$ -той работы  $j$ -ым агрегатом, кг/т.

При этом необходимо соблюдать следующие три условия:

1) гарантия выполнения всего заданного объема  $k$ -х работ  $F_k$  в заданные агросроки  $D_p$ :

$$F_k \leq \sum_{j=1}^y \sum_{k=1}^k W_{jk} \cdot 12 \cdot D_p; \quad (2)$$

2) одновременная перевозка накопителем-перегрузчиком всего убранного урожая:

$$W_{jk} \cdot n_k = W_{nnjk} \cdot n_{nn}; \quad (3)$$

где  $n_k$  – количество кукурузоуборочных агрегатов, шт.;

$n_{nn}$  – количество накопителей-перегрузчиков, шт.;

$W_{nn}$  – производительность накопителя-перегрузчика, т/ч.

3) условие неотрицательности переменных:

$$j > 0; k > 0; n_k > 0; n_{nn} > 0; T_{cm} > 0; F_k > 0; D_p > 0. \quad (4)$$

Задача имеет ограничения по пропускной способности молотилки комбайна  $q$  (кг/с):

$$2 \leq q \leq 30. \quad (5)$$

В свою очередь,

$$q \leq \frac{B_p V_p U (1 + \delta_c)}{36}, \quad (6)$$

где  $B_p$  – рабочая ширина захвата жатки комбайна, м (принят интервал 4,2-12,6 м);

$V_p$  – рабочая скорость движения комбайна, км/ч (принят интервал 4-18 км/ч);

$U$  – урожайность зерна кукурузы, т/га (интервал 4-10 т/га);

$\delta_c$  – соломистость убираемого урожая.

Разработана блок-схема алгоритма оптимизации параметров и режимов работы УТЗ по критерию минимальных совокупных затрат энергии, которая позволила обосновать оптимальную продолжительность уборки кукурузы, оптимальные параметры и режимы работы зерноуборочного комбайна, накопителя-перегрузчика зерна и агрегатируемого с ним трактора.

Для уточнения целевой функции  $E_3$  математической модели для варианта расчетов на основе новых способов уборки и конструктивно-технологических решений выполнены теоретические и экспериментальные исследования, а также изучены биометрические показатели и физико-механические свойства растений кукурузы [9-10].

Целевая функция  $E_3$  математической модели для варианта расчетов с учетом уточненных зависимостей, полученных на основе экспериментальных исследований функционирования разработанных нами устройств и предложенного способа декаптации растений, имеет вид:

$$\begin{aligned}
 E_3 = & \frac{0,0016(G_K + 365V_G)V_P + 18,3 \cdot q}{W'_K} + \\
 & + 1,26 \left( \frac{n_K}{W'_K} + \frac{n_{HN}}{W_{HN}} \right) + \frac{0,087 \cdot G_K}{W'_K} + \\
 & + \frac{0,035 \cdot G_{HN} + 0,022 \cdot G_{MP}^{HN}}{W_{HN}} + \\
 & + \frac{0,021(G_{MP}^{HN} + G_{HN} + 730V_{HN})}{V_{HN}} + 0,015 \cdot N_e^{MP} + \\
 & + \frac{9,2 \cdot N_e^k}{W'_K} + 46,97 \rightarrow \min.
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Определены оптимальные варианты технологий и технических средств для уборки и послеуборочной обработки кукурузы.

Минимум совокупных затрат энергии при уборке кукурузы в початках (1005,3 МДж/т) обеспечивает технология с использованием самоходного пиккер-хескера, накопителя-перегрузчика, автомобиля ЗИЛ-ММЗ-554 для транспортировки початков, ОП-15С для их очистки, МКП-3 для обмолота, ПСОК-200 для очистки и сушки зерна, ЗИЛ-ММЗ-554 для его транспортировки и хранения в МС-50. Стеб-

ли после пиккер-хескера измельчаются ВР-600 в агрегате с трактором Т-150К.

Рациональная технология уборки кукурузы с обмолотом початков в поле (минимум затрат совокупной энергии 724,4 МДж/т) включает уборку комбайном с аксиально-роторным МСУ на базе улучшенных предложенных конструктивно-технологических решений, транспортировку зерна на ток накопителем-перегрузчиком Т-740 в агрегате с трактором Т-150К, сушку и очистку зерна ПСОК-200, транспортировку на хранение ЗИЛ-ММЗ-554 и хранение в МС-50.

Однако наиболее эффективна технология с использованием на корм зерностержневой смеси. Затраты совокупной энергии составляют 638,5 МДж/т. Уборка початков осуществляется самоходным пиккер-хескером с прицепом, транспортировка початков на ток – ЗИЛ-ММЗ-554, приготовление корнажа – на поточно-технологической линии (ИРМ-50 + ТС-40М + ПЗМ-1,5), транспортировка смеси – накопителем-перегрузчиком Т-740 с трактором Т-150К к ЗПМ-180 и закладка на хранение – в полимерные рукава. Стебли кукурузы после отрыва початков измельчаются на поле ВР-600 в агрегате с трактором Т-150К.

Моделирование и оптимизация производственных процессов уборки кукурузы выполнены нами по специально разработанной программе для различного диапазона условий работы УТЗ.

В результате обоснованы оптимальные параметры и режимы работы всех машин УТЗ. Расчеты выполнены для двух уборочных агрегатов: серийного роторного зерноуборочного комбайна с кукурузоуборочной жаткой и модернизированного кукурузоуборочного агрегата с нашими конструктивно-технологическими решениями. В состав УТЗ входил кукурузоуборочный агрегат и накопитель-перегрузчик зерна, агрегатируемый с колесным трактором.

В результате выполненных расчетов мы уста-

Таблица 2

## ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ КУКУРУЗОУБОРОЧНЫХ АГРЕГАТОВ

Показатели	Варианты агрегатов	
	серийный	модернизированный
Критерий оптимизации $E_3$ , МДж/т	260,4	228,2
Продолжительность уборки кукурузы $D_p$ , дней	9	8
Урожайность $U$ , т/га	6	6
Уборочная площадь $F$ , га	5000	5000
Длина гона $L_p$ , км	1,5	1,5
Мощность двигателя комбайна $N_e^k$ , кВт	180,5	224,8
Емкость бункера для зерна $V_6$ , м <sup>3</sup>	9,1	9,7
Ширина захвата жатки $V_p$ , м	8,4	8,4
Рабочая скорость движения агрегата $V_p$ , км/ч	4,9	6,6
Пропускная способность молотилки комбайна $q$ , кг/с	12,3	14,7
Производительность агрегата: $W_k$ , га/ч $W'_k$ , т/ч	3,4 20,4	4,6 27,5
Масса комбайна $G_K$ , кг	17080	18180
Потребное количество комбайнов $n_K$ , ед.	15	13
Потребное количество накопителей-перегрузчиков $n_{HN}$ , ед.	6	5
Емкость накопителя-перегрузчика $V_{HN}$ , м <sup>3</sup>	48	48
Масса накопителя-перегрузчика $G_{HN}$ , кг	7299	7299
Масса трактора для накопителя-перегрузчика $G_{TP}$ , кг	5725	5725
Мощность двигателя трактора для накопителя-перегрузчика $N_e^{TP}$ , кВт	103	103

новили минимальное значение критерия оптимизации для двух вариантов расчетов (таблица), по которым обоснованы оптимальные параметры.

Использование предложенного нами нового парка кукурузоуборочных машин по сравнению с базовым снижает количество уборочной техники на 15-44%. При этом экономия капиталовложений составляет минимум 1,3 млрд рублей.

**Выводы.** В результате исследований предложена концепция многоуровневого системного подхода к взаимоувязанному функционированию всех подсистем производственных процессов заготов-

ки кукурузы (от уборки до переработки урожая и его хранения) по критерию ресурсосбережения.

В результате оптимизации модернизация кукурузоуборочного агрегата обеспечила снижение энергозатрат с 260,4 до 228,2 МДж/т, или на 12,4%; повышение производительности комбайна – с 3,4 до 4,6 га/ч, или в 1,4 раза, пропускной способности – с 12,3 до 14,7 кг/с, или в 1,2 раза. Оптимальная ширина захвата жатки составила 8,4 м, рабочая скорость движения – 6,6 км/ч, масса комбайна – 18180 кг, мощность двигателя – 224,8 кВт, оптимальные сроки уборки кукурузы на зерно – 8 дней.

## Литература

1. Измайлов А.Ю. О машинно-технологическом обеспечении интеллектуального сельскохозяйственного производства // *Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф.* – М.: ВИМ, 2014. – С. 12-16.

2. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Перспективные пути применения энерго- и экологически эффективных машинных технологий и технических средств // *Сельскохозяйственные машины и технологии.* – 2013. – № 4. – С. 8-11.

3. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Система машин для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года // *Сельскохозяйственные машины и технологии.* – 2013. – № 6. – С. 6-10.

4. Труфляк Е.В. Ресурсосберегающие процессы уборки кукурузы на основе новых конструктивно-технологических решений: *Дисс... д-ра техн. наук.* – Краснодар, 2011.

5. Труфляк Е.В. *Параметры процесса декапитации стеблей кукурузы и отделения початков*

*стрепперным аппаратом: Дисс. канд. техн. наук.* – Краснодар, 2003.

6. Труфляк Е.В. *Механико-технологическое обоснование повышения производительности кукурузоуборочных машин: Монография.* – Краснодар: КубГАУ, 2009. – 501 с.

7. Труфляк Е.В., Кравченко В.С. *Теоретические аспекты повреждения зерна початков кукурузы // Техника в сельском хозяйстве, 2007.* – № 6. – С. 32-34.

8. Трубилин Е.И. Труфляк Е.В., Кравченко В.С. *Початкоотделяющие аппараты кукурузоуборочной жатки с повышенной способностью очищения // Техника и оборудование для села.* – 2008. – № 2. – С. 15-17.

9. Труфляк Е.В., Кравченко В.С. *Модель механического повреждения початка // Труды Кубанского государственного аграрного университета.* – Краснодар: КубГАУ, 2008. – № 3. – С. 190-195.

10. Труфляк Е.В. *Уборка кукурузы с одновременным удалением верхушечной части стебля // Техника в сельском хозяйстве.* – 2009. – № 4. – С. 38-40.

## OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF RESOURCE-SAVING MACHINE TECHNOLOGIES AND OPERATING MODES OF CORN HARVESTERS

Ya.P. Lobachevsky<sup>1</sup>, E.I. Trubilin<sup>2</sup>, E.V. Truflyak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russian Federation

<sup>2</sup>Kuban State Agrarian University, Kalinin St., 13, Krasnodar, Russian Federation, e-mail: trubilinei@mail.ru

*Russian agrarian can increase corn production and not depend on import if they get more yield and reduce losses at all stages of a harvest cycle. A unified complex of modern highly effective, resource-saving technologies and technical means of harvesting and postharvest processing of corn is for this purpose necessary. The authors offered a concept of multilevel system approach to interconnected functioning of all subsystems of corn production (from harvesting to crop processing and storage) by criterion of resource-saving. Resource-saving technologies of harvesting of ear corn with thresh in a field and with getting of corn and corn cob mix. The minimum of cumulative expenses of energy when harvesting ear corn (1005.3 megajoule per tonne) is provided by technology with use of a self-*

propelled picker-husker. For harvesting with ear corn thresh in the field the rational technology (724.4 megajoule per tonne) includes harvesting by the combine with an axial and rotor threshing mechanism on the basis of new constructive and technological decisions. The most effective technology is corn harvesting with use on a forage corn and corn cob mix (638.5 megajoule per tonne). The authors developed a block scheme and mathematical model of optimization of parameters and operating modes of technical means. As a result of optimization modernization of the corn harvester provided decrease in energy consumption from 260.4 to 228.2 megajoule per tonne, or by 12.4 percent; increase of combine capacity from 3.4 to 4.6 ha/h, or by 1.4 times, improvement of grain output *акцъ* 12.3 to 14.7 kg/s, or by 1.2 times. Optimum parameters of the unit: width of capture of a harvester made 8.4 m, the working speed of the movement – 6,6 km/h, the mass of the combine – 18180 kg, engine capacity – 224.8 kW, optimum terms of harvesting of grain corn – 8 days.

**Keywords:** Technologies of corn harvesting; Corn harvester; Resource-saving.

## References

1. Izmaylov A.Yu. O mashinno-tekhnologicheskoy obespechenii intellektual'nogo sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [About machine technological support of intellectual agricultural production]. *Innovatsionnoye razvitiye APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologiy: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Moscow: VIM, 2014. pp. 12-16 (Russian).*
2. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Perspektivnye puti primeneniya energo- i ekologicheskikh effektivnykh mashinnykh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv [Perspective ways of use of power and ecologically effective machine technologies and technical means]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2013. No. 4. pp. 8-11 (Russian).*
3. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Sistema mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii i avtomatizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na period do 2020 goda [System of machinery and technologies for integrated mechanization and automation of agricultural production for the period till 2020]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2013. No. 6. pp. 6-10 (Russian).*
4. Truflyak E.V. Resursosberegayushchie protsessy uborki kukuruzy na osnove novykh konstruktivno-tekhnologicheskikh resheniy [Resource-saving processes of corn harvesting based on new constructive and technological decisions]: *Diss... d-ra tekhn. nauk. Krasnodar, 2011 (Russian).*
5. Truflyak E.V. Parametry protsessa dekapitatsii stebly kukuruzy i otdeleniya pochatkov streppernym apparatom [Parameters of process of a dekapitation of corn stalks and ears picking by strepper]: *Dis. kand. tekhn. nauk. Krasnodar, 2003 (Russian).*
6. Truflyak E.V. Mekhaniko-tekhnologicheskoe obosnovanie povysheniya proizvoditel'nosti kukuruzoborochnykh mashin [Mechanical technological justification of increase of corn harvesters capacity]: *Monografiya. Krasnodar: KubGAU, 2009. 501 pp. (Russian).*
7. Truflyak E.V., Kravchenko V.S. Teoreticheskie aspekty povrezhdeniya zerna pochatkov kukuruzy [Theoretical aspects of corn damage in ears]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve, 2007. No. 6. pp. 32-34 (Russian).*
8. Trubilin E.I., Truflyak E.V., Kravchenko V.S. Pochatkoobdelnyye apparaty kukuruzoborochnoy zhatki s povyshennoy sposobnost'yu ochishcheniya [Ear separating mechanisms of corn harvesting reaper with increased ability of shelling]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2008. No. 2. pp. 15-17 (Russian).*
9. Truflyak E.V., Kravchenko V.S. Model' mekhanicheskogo povrezhdeniya pochatka [Model of mechanical damage of ear]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Krasnodar: KubGAU, 2008. No. 3. pp. 190-195 (Russian).*
10. Truflyak E.V. Uborka kukuruzy s odnovremennym udaleniem verkhushhechnoy chasti steblya [Harvesting of corn with simultaneous removal of top part of stalk]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve. 2009. No. 4. pp. 38-40 (Russian).*

