

УДК 631.3:633

Эффективность технологии уборки зерновых культур комбайновым очесом Efficiency of technology of grain harvesting by means of combine stripping

А. И. БУРЬЯНОВ, д-р техн. наук
Ю. О. ГОРЯЧЕВ, канд. техн. наук
М. А. БУРЬЯНОВ, канд. техн. наук

Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, Зерноград, Россия, burjanov2015@yandex.ru

A. I. BUR'YANOV, DSc in Engineering
Yu. O. GORYACHEV, PhD in Engineering
M. A. BUR'YANOV, PhD in Engineering

North Caucasus Research Institute of Agricultural Engineering and Electrification, Zernograd, Russia, burjanov2015@yandex.ru

Из-за нехватки комбайнов на сельскохозяйственных предприятиях уборка зерновых культур продолжается до 25–30 дней, что приводит к потерям до 30 % выращенного урожая. При внедрении технологии уборки комбайновым очесом производительность уборочных агрегатов увеличивается в 1,5–2 раза, что позволяет сократить продолжительность уборки, снизить расход топлива на 35–45 %. Однако при этом возрастают потери зерна за уборочными агрегатами, а на поле остается стеблестой, который способствует накоплению влаги. Требуется дополнительная операция для обработки стеблестоя дискованием или его измельчения и разбрасывания по полю. В соответствии с государственным стандартом 53056—2008 эффективность механизированных технологий и комплексов машин определяют при формировании оптимальной структуры машинно-тракторного парка типового хозяйства по критерию минимума совокупных затрат. Цель статьи состоит в оценке эффективности технологии уборки зерновых культур комбайновым очесом и традиционной технологии путем сравнения совокупных затрат на выполнение работ оптимальными машинно-тракторными парками типового хозяйства. Для этого доработаны разработанные ранее математическая модель и алгоритмно-программный комплекс. Исследования выполнены на примере типового хозяйства юга Ростовской области с площадью пашни 5000 га. По их результатам установлено, что для данного хозяйства совокупные затраты составляют 31 499 тысяч рублей при уборке зерновых очесом продолжительностью 10 дней и 35 325 тысяч рублей при традиционной уборке продолжительностью 13 дней.

Ключевые слова: технология; уборка; очес; оптимизация; типовое хозяйство; совокупные затраты; убытки от потерь продукции.

Grain harvesting on most farms in Russia lasts up to 25–30 days, because of the deficit of combines; that results to 30 % harvest losses. With introduction of technology of grain harvesting by means of combine stripping, the performance of harvesting units is increased by 1.5–2 times, which allows to cut down the harvesting duration and to reduce the fuel consumption by 35–45 %. But grain losses after passing of harvesting units are increased and the haulm stand appears on field, which stimulates moisture accumulation. Additional operation for haulm stand treatment is required, such as disk harrowing or chopping and spreading on field. According to the state standard no. 53056—2008, the efficiency of mechanized technologies and machine complexes is defined during formation of optimal structure of machine and tractor fleet for a typical

farm, on the criteria of minimum of total costs. The paper deals with efficiency evaluation of technology of grain harvesting by means of combine stripping and of a traditional technology through comparing the total costs of work performance by means of optimal machine and tractor fleets of a typical farm. For that, earlier designed mathematical model and algorithm-program complex are improved. Investigations are performed on the example of a typical farm of the south of Rostov region with 5000 hectares of cultivated area. According to their results, it is found that for such farm the total costs are 31 499 thousands rubles in case of grain harvesting by means of stripping with duration of 10 days, and 35 325 thousands rubles in case of traditional technology with duration of 13 days.

Keywords: technology; harvesting; stripping; optimization; typical farm; total costs; damages of production losses.

Введение

Несмотря на достаточно давнюю историю развития, технология уборки зерновых культур комбайновым очесом получила заметное распространение лишь с 1980-х гг. Существенный рост (в 1,5—2 раза) производительности комбайнов, оборудованных очесывающими жатками, и снижение расхода топлива на 35—45 % не всегда были убедительными аргументами для внедрения этой технологии. Основными причинами, сдерживавшими ее распространение, были весьма низкий уровень теории проектирования очесывающих устройств, их слабая приспособленность к многообразию характеристик убираемого хлебостоя и, как следствие, неудовлетворительное качество выполнения технологического процесса, сопровождающееся повышенными потерями зерна.

Сегодня на российском рынке представлены однобаранные жатки с шириной захвата 5,4; 6; 6,6; 7,2; 8,4; 9,6 м фирмы Shelbourne и ее дочерних предприятий [1]. Величину допустимых потерь зерна за ними разработчики официально не приводят, но по данным пользователей они составляют более 1 %. ОАО "Пензмаш" выпускает однобаранные жатки, декларируя величину допустимых потерь за ними в пределах 0,8 %. ООО "Укр.Агро-сервис" поставляет на рынок двухбаранные жатки с шириной захвата 5, 6 и 7 м, допустимые потери за которыми по данным разработчиков не превышают 1,5 % [2].

Выпущена опытная партия очесывающих жаток с шириной захвата 6 м совместного производства ООО "Агротехсервис" — СКНИИМЭСХ [3]. Эти жатки максимально адаптированы к многообразию характеристик убираемого хлебостоя, что достигается за счет возможности оперативного изменения (из кабины комбайна):

- положения копирующих башмаков по высоте;
- угла наклона граблин с очесывающими зубьями;
- положения жатки по высоте;
- частоты вращения очесывающего барабана;
- поворота обтекателя относительно очесывающего барабана.

У жаток Shelbourne нет устройств, которые обеспечивали бы оперативное изменение первых двух названных параметров. На жатках ОАО "Пензмаш" возможны оперативное изменение положения жатки по высоте, поворота обтекателя относительно очесывающего барабана, регулировка с остановкой комбайна положения копирующих башмаков по высоте и установка трех режимов частоты вращения очесывающего барабана.

У жаток производства ООО "Укр.Агро-сервис" один управляемый параметр — положение по высоте относительно поверхности поля. Эти жатки показывают достаточно хорошие результаты за счет мощного всасывающего эффекта, вызванного встречным вращением двух барабанов. Передний барабан выполняет дополнительную функцию. Его зубья отклонены назад по ходу вра-

щения, вследствие чего материал, отделенный от стеблей в нижнем сегменте основного барабана, не только подхватывается воздушным потоком, но и отбрасывается ими с дополнительным ускорением либо вверх, либо снова навстречу основному барабану, но уже в зоне контакта, расположенной выше первоначальной.

Очесывающие барабаны жаток, выпускаемых ООО "Укр.Агро-сервис", ОАО "Пензмаш" и ООО "Агротехсервис" — СКНИИМЭСХ, снабжены гребенками, на которых очесывающие зубья, как и у первых двухбаранных жаток, разработанных П. А. Шабановым, наклонены вперед под углом α и в плане снабжены боковыми параллельными кромками, которые образуют очесывающую щель. Отличие заключается лишь в способе упрочнения зуба. Очесывающие зубья жаток Shelbourne выполнены в форме замочной скважины (так называемый "ласточкин хвост") с очесывающими отверстиями в корне зубьев.

Следует отметить, что потери зерна свыше декларируемых 0,5 % при уборке полеглых, изреженных и сильно засоренных хлебов допускают не только очесывающие жатки, но и жатки сплошного среза.

Для принятия решения о целесообразности применения традиционной технологии или технологии уборки комбайновым очесом необходима объективная экономическая оценка их достоинств и недостатков, базирующаяся на современных представлениях об эффективности производства.

Цель исследования

Цель статьи состоит в оценке эффективности технологии уборки зерновых культур комбайновым очесом и традиционной технологии путем сравнения совокупных затрат на выполнение работ оптимальными машинно-тракторными парками (МТП) типового хозяйства, количество которых определяется по следующему правилу: вариант для рекомендуемого агросрока плюс число вариантов, равное количеству дней уборки зерновых после рекомендуемого агросрока.

Материалы и методы

В соответствии с ГОСТ Р 53056—2008 (Приложение Ж) "...сравнительную экономическую оценку тракторов, транспортных средств, универсальной самоходной техники, технологических мобильных и стационарных комплексов проводят методом наложения на объем работ типового хозяйства зоны для определения их эффективности и влияния, которое они оказывают в производственных условиях на сбережение трудовых, капитальных, топливных ресурсов, с определением степени воздействия на экологические и социальные показатели. ...Экономические показатели комплекса техники определяют при формировании оптимальной структуры МТП типового хозяйства. Критерием формирования

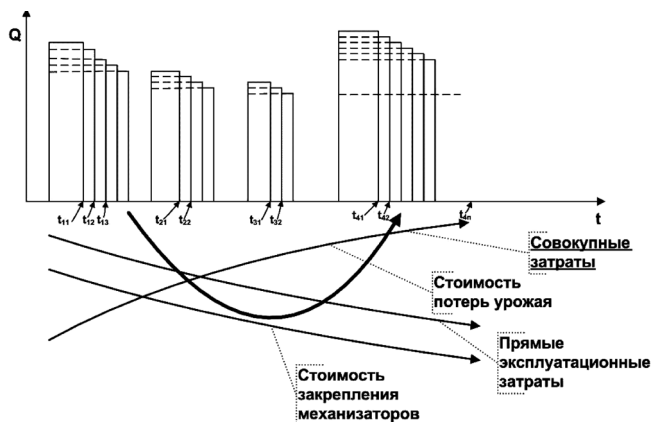


Рис. 1. Изменение объемов производимой продукции и затрат на ее производство с учетом убытков от потерь урожая при увеличении продолжительности уборочных работ

оптимальной структуры МТП типового хозяйства является минимум совокупных затрат" [4].

Предлагаемая технология комбайнового очеса снижает воздействие на окружающую среду, так как при ее реализации на 35—45 % снижается расход топлива. В то же время при внедрении данной технологии могут изменяться количество и качество продукции, а изменение количества техники, занятой в пиковый уборочный период, влияет на количественный состав механизаторов. С учетом вышеизложенного функцию цели запишем в виде:

$$C_{сз} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K C_{эзijk} x_{ijk} + DPXP + \sum_{f=1}^F S_f \Pi_f Y_f \sum_{m=1}^M \sum_{d=1}^D L_{fmd} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где I, J, K, F — количества технологических операций, расчетных периодов, машинно-тракторных агрегатов (МТА), полей; N, S — номенклатуры энергомашин и сельхозмашин; XN, XS — количества энергомашин и сельхозмашин, ед.; XP — потребность в механизаторах, чел.; $C_{эзijk}$ — прямые эксплуатационные издержки на выполнение i -й операции k -м МТА в j -м периоде; x_{ijk} — количество k -х МТА, занятых на i -й операции в j -м периоде; DP — стоимость закрепления механизатора, руб.; W_{ijk} — суточная производительность k -го МТА на i -й операции в j -й период; t_{ij} — продолжительность i -й операции в j -й период, ч; Q_{ij} — объем i -й операции, выполняемой в j -м периоде, га или т; $\alpha_{ikn}, \alpha_{iks}$ — количества машин в составе МТА, ед.; α_{ik} — количество механизаторов на МТА, чел.; β_{ijn}, β_{ijs} — признаки возможности использования машин на данной операции; S_f, Y_f, Π_f — площадь, га, урожайность, т/га, и цена реализации продукции на f -м периоде, руб.; $ДС$ — ставка дисконтирования, %; L_{fmd} — потери продукции на f -м поле при выполнении m -й группы работ в d -й день сверх нормативной продолжительности, т.

Первое слагаемое уравнения (1) — это эксплуатационные затраты на выполнение всего объема механизированных работ в полеводстве, второе — затраты, свя-

занные с закреплением механизаторов на селе, третье — убытки от потерь продукции, возникающих в связи с увеличением продолжительности уборочных работ, и суммарных потерь, допускаемых уборочными машинами.

Продление сроков уборки связано с двумя последствиями. С одной стороны, снижается урожайность убираемых культур из-за осыпания, ухудшаются товарные свойства зерна (содержание белка, клейковины и др.). По данным источника [5], при увеличении сроков выполнения работ потери в зависимости от погодных условий и убираемой культуры могут составлять 0,5—2,7 % в день.

С другой стороны, имеет место меньшая потребность в уборочно-транспортных комплексах за счет снижения ежедневной нагрузки. При этом снижаются составляющие прямых эксплуатационных затрат, в частности отчисления на капитальный и текущий ремонты, амортизацию (за счет лучшей загрузки машин). Уменьшение потребности в уборочно-транспортных комплексах приводит к сокращению затрат на приобретение, эксплуатацию и хранение средств механизации.

Поскольку с ростом продолжительности уборочных работ биологические потери зерна увеличиваются, а затраты, связанные с использованием техники и закреплением механизаторов, снижаются, то логично предположить, что параметры оптимального МТП определяются при такой продолжительности уборки, при которой совокупные затраты будут минимальными. Сформулированная идея проиллюстрирована на рис. 1, верхняя часть которого демонстрирует снижение объемов убираемого зерна за счет потерь осыпанием.

В источнике [5] приведены табличные данные по потерям зерна с 1-го по 10-й день после агросрока. Для удобства использования табличные данные аппроксимировали в виде регрессионных зависимостей. Провели оценку величины потерь зерна, преимущественно озимой пшеницы, с 2007 по 2015 г. Пробы брали с первого дня наступления полной спелости с интервалом в 3—5 дней в течение 30—33 дней [6]. Материал представили в виде таблиц, графиков и уравнений. Используя полученные зависимости, определяли величину потерь зерна и объемы, подлежащие обмолоту за вычетом потерь. Проценты суммарных потерь за уборочными машинами по результатам испытаний на машиноиспытательной станции принимали постоянными в течение всех дней уборки.

Как видно из вышеизложенного, определение оптимального парка по критерию совокупных затрат отличается от решавшихся ранее задач по оптимизации МТП типового хозяйства, при постановке которых полагали, что рекомендуемые агросроки выполнения работ фиксированные и потери продукции отсутствуют.

Для достижения поставленной цели необходимо:

— пошагово изменяя продолжительность уборки с интервалом в один день, определить для этой продолжительности величину потерь продукции;

— после определения величины потерь зерна для фиксированной продолжительности уборки откорректировать объемы работ и характеристики выполняемых операций;

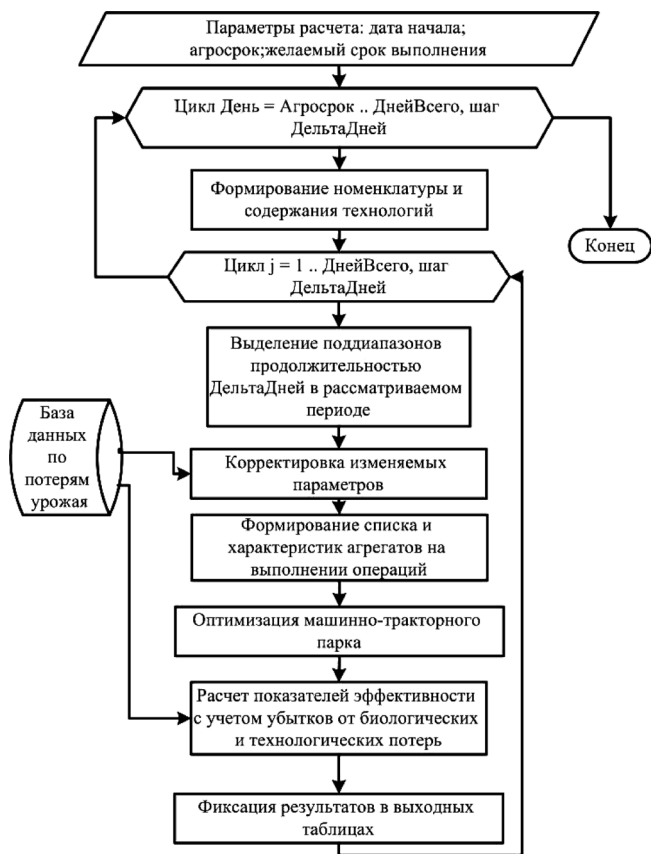


Рис. 2. Блок-схема алгоритма определения рациональной продолжительности выполнения работ в полеводстве

- найти оптимальный состав парка при зафиксированной продолжительности уборки;
- проверить, снизилась ли величина совокупных затрат, полученная в результате решения, в сравнении с предыдущей;

- по результатам сравнения определить целесообразность продолжения решений по определению оптимального парка, выполняющего объем работ с увеличением продолжительности в один день.

Решение такой задачи предполагает разработку методики расчетов, проектирование алгоритма и средств его реализации. Представленная на рис. 2 схема алгоритма может применяться и для поиска оптимальных вариантов, если имеется информация о влиянии продолжительности других видов работ на урожайность возделываемых культур, как, например, в источнике [5]. Ниже приведены некоторые особенности определения варьируемых характеристик.

Объем работ определяется урожайностью возделываемых культур и корректирующими коэффициентами, значения которых соответствуют количеству дней сверх нормативной продолжительности проведения работ. Корректировке подлежат операции, отвечающие условиям: а) объем работ определяется в единицах массы (тонны); б) работы принадлежат к группе уборочных.

Нормообразующий фактор используется при определении производительности агрегатов на операциях производственного цикла. В свою очередь, он определяется урожайностью культур.

Таким образом, количество просматриваемых вариантов основного цикла равно: максимальная задаваемая продолжительность уборки минус нормативный агро-срок плюс один.

В ряде случаев появляется необходимость сдвинуть последующие работы на более поздний срок во избежание наложений времени и нарушения технологической очередности. Это относится, в частности, к группе уборочно-транспортных работ и послеуборочной обработке почвы (дискованию стерни и внесению удобрений).

Рассмотрим подробнее нахождение оптимального решения. Блок оптимизации МТП включает модуль классической задачи линейного программирования, модуль нахождения целочисленного решения, реализованный методом ветвей и границ, и модуль, обеспечивающий корректировку годовой загрузки техники.

В разработанную ранее модель внесены следующие изменения:

- определение целочисленного количества агрегатов;
- использование данных о фактической годовой загрузке машин при расчете эксплуатационных затрат.

На рис. 3 приведена блок-схема определения оптимального количества МТА. В отличие от традиционной постановки задачи, к целочисленности приводится количество МТА, а не отдельных машин, как в работе [7].

Получение нецелочисленных значений количества машин в оптимизируемом МТП приводит к искажению полученных результатов, величина которого тем больше, чем меньше в нем количество машин. Введение бло-

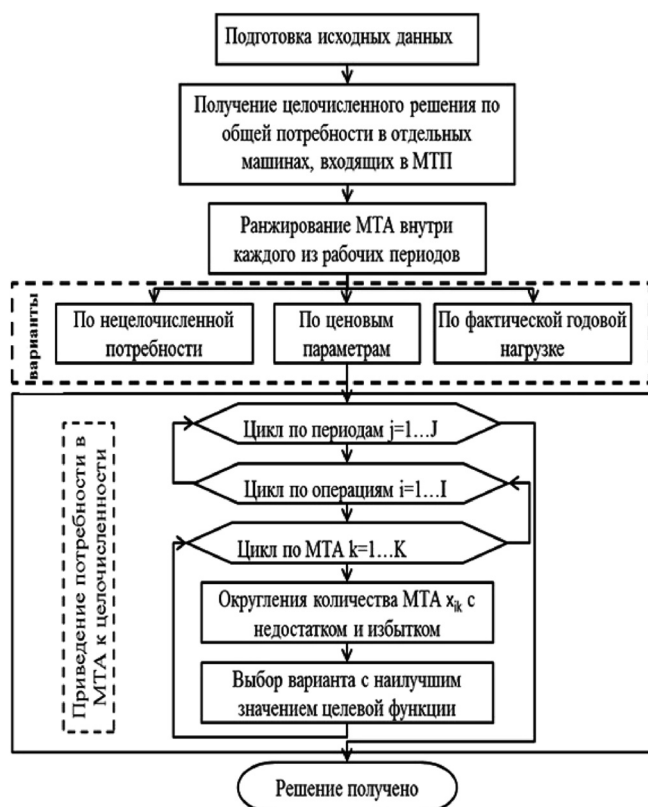


Рис. 3. Блок-схема алгоритма полностью целочисленной оптимизации МТП

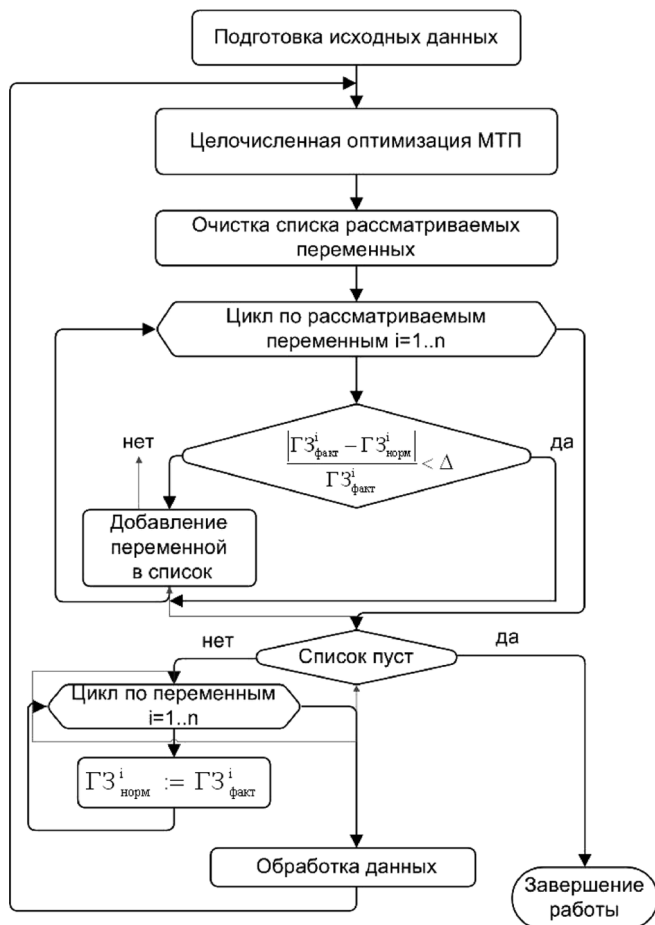


Рис. 4. Блок-схема алгоритма для определения годовой загрузки средств механизации

ка получения целочисленности состава МТП исключает появление такой ошибки.

Если необходимость учета МТА в целочисленном виде очевидна, то корректировку годовой загрузки рассмотрим подробно. Затраты, связанные с эксплуатацией МТА на данной операции, определяют по зависимости:

$$C = x_{ijk} \left[B_{EM} \frac{(\xi_{ТО-ТР EM} + \xi_{КР EM} + \xi_{аморт EM})}{T_3 EM} + \sum_{s=1}^3 \alpha_s B_{SM} \frac{(\xi_{ТО-ТР SM} + \xi_{аморт SM})}{T_3 SM} \right] T_{ОП}, \quad (2)$$

где α_s — количество сельхозмашин s -типа в МТА на данной операции; B_{EM} , B_{SM} — балансовые цены энергомашины и сельхозмашины, руб.; $\xi_{ТО-ТР EM}$, $\xi_{КР EM}$, $\xi_{аморт EM}$ — нормативные коэффициенты отчислений на техническое обслуживание и текущий ремонт, капитальный ремонт, амортизацию в долях от балансовой цены энергомашины; $\xi_{ТО-ТР SM}$ — нормативный коэффициент отчислений от балансовой цены сельхозмашины; $\xi_{аморт SM}$ — нормативный коэффициент отчислений на полное восстановление сельхозмашины; $T_3 EM$ — нормативная загрузка энергомашины, ч; $T_3 SM$ — нормативная загрузка сельхозмашины, ч; $T_{ОП}$ — продолжительность операции, ч.

В зависимость (2) необходимо ставить загрузку, величина которой неизвестна. Поэтому на первом этапе используем нормативную годовую загрузку, принятую для данного региона.

После формирования исходной информации начинается основной цикл, который реализуется с помощью модуля решения задач линейного программирования. Затем осуществляется оптимизация МТП с учетом целочисленности искомым переменных: потребности в энергомашинах и, в зависимости от "глубины просмотра", машинных агрегатах и сельхозмашинах. Далее, в соответствии с логикой представленной на рис. 3 блок-схемы, проводится анализ соответствия фактической (по результатам расчета) и нормативной (по исходным данным) загрузок для каждой переменной:

$$\frac{|\Gamma_{\text{факт}}^i - \Gamma_{\text{норм}}^i|}{\Gamma_{\text{факт}}^i} < \Delta; \quad i = 1 \dots N,$$

где $\Gamma_{\text{факт}}^i$, $\Gamma_{\text{норм}}^i$ — фактическая и нормативная загрузки для i -й переменной, ч; N — количество рассматриваемых переменных, ед.; Δ — точность оценки, %, величина которой принимается в каждом конкретном случае.

Блок-схема разработанного алгоритма корректировки годовой загрузки представлена на рис. 4.

Применение разработанной методики оценки эффективности технологии уборки зерновых колосовых культур реализовали на примере типового хозяйства юга Ростовской обл. с площадью пашни 5000 га, традиционной структурой севооборота и рекомендуемых технологий возделывания входящих в него культур.

При расчетах приняли благоприятные погодные условия, складывающиеся в период проведения уборочных работ, и минимальный (30 %) прирост производительности зерноуборочных комбайнов с очесывающими жатками в сравнении с комбайнами, оборудованными жатками сплошного среза. Для нахождения оптимального МТП по критерию совокупных затрат определено 13 оптимальных МТП, выполняющих уборочные работы с 9-го по 21-й день.

Результаты сведены в таблицу, в которой приведены сравнительные данные по совокупным затратам и капитальным вложениям на приобретение техники. Кроме того, проверку эффективности выполнили по такому показателю, как чистый дисконтированный доход (ЧДД). Для лучшего понимания полученных результатов приведены колонки с данными о количестве комбайнов в сравниваемых вариантах.

Как видно из таблицы, совокупные затраты, формируемые оптимальными МТП, во всем диапазоне рассматриваемой продолжительности уборки меньше при применении технологии комбайнового очеса. Минимум совокупных затрат получен при выполнении уборочных работ за 10 дней и равен 31 499,4 тыс. руб., что на 4482,6 тыс. руб. меньше, чем при традиционной уборке за тот же период. Потребность в комбайнах снизилась на 4 единицы. Минимум совокупных затрат при традиционной уборке равен 35 325 тыс. руб. при продолжительности 13 дней. При этой же продолжительности достигается и максимум ЧДД в размере 311 735,1 тыс. руб.

**Показатели эффективности выполнения всего объема механизированных работ в полеводстве МТП
типового хозяйства юга Ростовской обл. с площадью пашни 5000 га при проведении уборки зерновых культур
по традиционной технологии (база) и комбайновым очесом**

Дней уборки с начала агросрока	Количество комбайнов Агрос		Совокупные затраты, тыс. руб.		Капитальные вложения, тыс. руб.		ЧДД, тыс. руб.	
	База	Очес	База	Очес	База	Очес	База	Очес
9	10	6	36 706,8	32 170,1	150 715,6	129 281	270 231,9	303 790,7
10	9	5	35 892	31 499,4	141 350,6	119 512,1	276 489,9	310 447,7
11	8	5	35 920,3	32 106,8	136 884,3	121 309,3	277 377,5	305 076,2
12	7	4	35 667,7	31 854,5	132 588,9	117 013,9	278 970,8	306 668,9
13	7	4	35 325	31 656	124 316,9	108 338	283 634,8	311 735,1
14	6	4	35 816,4	32 262,5	126 758,8	110 785,4	278 329,6	306 385,6
15	6	4	35 854,3	32 641,9	120 153	108 401	281 353	305 128,9
16	5	3	36 296,2	33 003,7	119 336,2	108 032,4	278 223,1	301 730
17	5	3	36 135,9	33 889,7	112 060,8	109 839,5	281 755,5	296 120,7
18	5	3	36 889,3	34 102,5	112 892,7	104 346,1	276 962,9	297 657,1
19	5	3	37 263,9	34 370,2	112 386,8	101 816,2	274 731	297 306,7
20	4	3	38 384,5	35 134,4	115 378,1	102 728,2	267 987,6	292 540,8
21	4	3	38 801,6	36 170,9	114 152,1	105 130	266 660,3	287 498,2

Следует отметить, что скачкообразное изменение экономических показателей объясняется целочисленностью значений количества агрегатов и изменения продолжительности уборочных работ.

Выводы

Предложены усовершенствованные методика и алгоритмно-программный комплекс для выполнения технико-экономической оценки технологии уборки зерновых культур в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р 53056—2008 по критерию совокупных затрат.

В результате исследований, проведенных на основе разработанных методических положений, установлено, что при внедрении технологии уборки комбайновым очесом в типовом хозяйстве на юге Ростовской обл. с площадью пашни 5000 га минимум совокупных затрат достигнут при выполнении работ за 10 дней и составил 31 499,4 тыс. руб., что на 4482,6 тыс. руб. меньше, чем при традиционной уборке за тот же период. Потребность в комбайнах снизилась на 4 единицы. Минимум совокупных затрат при традиционной уборке равен 35 325 тыс. руб. при продолжительности 13 дней. При этой же продолжительности достигается и максимум ЧДД в размере 311 735,1 тыс. руб.

Литература и источники

1. **Recommended header sizes** // Shelbourne Reynolds Engineering Ltd. [Электронный ресурс]. URL: http://www.shelbourne.com/3/products/1/harvesting/31_stripper-header/36_recommended-header-sizes (дата обращения 05.07.2016).

2. **Очесывающие жатки "Славянка УАС"** // ООО "Укр.Агро-сервис" [Электронный ресурс]. URL: http://ukragroser.com.ua/gu/katalog/очесывающая_жатка/ (дата обращения 05.07.2016).

3. **Бурьянов М. А., Колесников Г. Е., Червяков И. В.** Разработка конструкции очесывающей жатки для уборки зерновых культур с разнообразными характеристиками хлебостоя // В сб.: Разработка инновационных технологий и технических средств для АПК. Ч. 1. Зерноград: СКНИИМЭСХ, 2013. С. 140—145.

4. **ГОСТ Р 53056—2008.** Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. М.: Стандартинформ, 2009. 22 с.

5. **Методика** определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Ч. II. Нормативно-справочный материал. М.: РИЦ ГОСНИТИ, 1998. 251 с.

6. **Бурьянов М. А., Бурьянов А. И., Костыленко О. А.** Определение биологических потерь зерна озимой пшеницы при различной продолжительности уборки в условиях Ростовской области // Техника и оборудование для села. 2015, № 11. С. 11—14.

7. **Бершицкий Ю. И., Горячев Ю. О.** Оптимизация состава МТП с использованием целочисленного линейного программирования // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1999, № 1. С. 23—26.

References

1. **Recommended header sizes.** *Shelbourne Reynolds Engineering Ltd.* URL: http://www.shelbourne.com/3/products/1/harvesting/31_stripper-header/36_recommended-header-sizes (accessed 05.07.2016).

2. **Stripper header "Slavyanka UAS".** *Ukr.Agro-service.* URL: <http://ukragroser.com.ua/en/catalog/stripper-header/> (accessed 05.07.2016).

3. **Bur'yanov M. A., Kolesnikov G. E., Chervyakov I. V.** Design development of a stripper header for harvesting grain with different characteristics of standing crop. *Razrabotka innovatsionnykh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv dlya APK* [In: Development of innovative technologies and equipment for agroindustrial complex]. Part 1. Zernograd, 2013, pp. 140—145 (in Russ.).

4. **GOST R 53056—2008.** Agricultural machinery. Methods of economic evaluation. Moscow, Standartinform Publ., 2009, 22 p.

5. **Metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti tekhnologiy i sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. Ch. II. Normativno-spravochnyy material** [Methods for determining the economic efficiency of technologies and agricultural equipment. Part II. Regulatory and reference material]. Moscow, All-Russian Research Institute of Technology for Repair and Maintenance of Machine and Tractor Fleet, 1998, 251 p.

6. **Bur'yanov M. A., Bur'yanov A. I., Kostylenko O. A.** Evaluation of biological losses of winter wheat grain under different duration of harvesting in conditions of the Rostov region. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2015, no. 11, pp. 11—14 (in Russ.).

7. **Bershitskiy Yu. I., Goryachev Yu. O.** Optimization of structure of machine and tractor fleet using integer linear programming. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*, 1999, no. 1, pp. 23—26 (in Russ.).