

УДК 330.4:631.171

ББК 65в631

М 54

Ю.И. Бершицкий

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой организации производства и инновационной деятельности Кубанского государственного аграрного университета, г. Краснодар. Тел.: (928)433-42-29, e-mail: bershkubgau@mail.ru.

К.Э. Тюпаков

Кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и внешнеэкономической деятельности Кубанского государственного аграрного университета, г. Краснодар. Тел.: (918)484-00-93, e-mail: tupakov@yandex.ru.

Н.Р. Сайфетдинова

Кандидат экономических наук, доцент кафедры организации производства и инновационной деятельности Кубанского государственного аграрного университета, г. Краснодар. Тел.: (918)149-03-33, e-mail: nsarifetdinova@mail.ru.

А.Р. Сайфетдинов

Ассистент кафедры организации производства и инновационной деятельности Кубанского государственного аграрного университета, г. Краснодар. Тел.: (918)455-68-44, e-mail: saifet@mail.ru.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ СОСТАВА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

(Рецензирована)

Аннотация. Предложена методика определения оптимального состава машинно-тракторного парка (МТП) сельскохозяйственных организаций, учитывающая возможность «гибких» продолжительностей выполнения механизированных работ в наиболее напряженные периоды полевого сезона, основанная на итерационной корректировке результатов оптимизации состава МТП с помощью традиционных моделей частично-целочисленного линейного программирования по критерию минимальной разницы между экономией капиталовложений и стоимостью потерь урожая возделываемых культур; разработан алгоритм реализации методики и получены аналитические зависимости потерь урожая от продолжительности уборки зерновых колосовых культур для определения оптимального состава комбайнового парка.

Ключевые слова: машинно-тракторный парк, оптимизация, «гибкие» продолжительности полевых работ, капиталовложения, стоимость потерь урожая.

Yu.I. Bershitsky

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Production Organization and Innovation Department, Kuban State Agrarian University, Krasnodar. Ph.: (928)433-42-29, e-mail: bershkubgau@mail.ru.

К.Е. Туупаков

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Economics and Foreign Economic Activity Department, Kuban State Agrarian University, Krasnodar. Ph.: (918)484-00-93, e-mail: tupakov@yandex.ru.

N.R. Saifetdinova

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Production Organization and Innovation Department, Kuban State Agrarian University, Krasnodar. Ph.: (918)149-03-33, e-mail: nsarifetdinova@mail.ru.

A.R. Saifetdinov

Assistant of Production Organization and Innovation Department, Kuban State Agrarian University, Krasnodar. Ph.: (918)455-68-44, e-mail: saifet@mail.ru.

METHODOLOGICAL PECULIARITIES OF ECONOMICAL BASIS OF MACHINE AND TRACTOR FLEET COMPOSITION IN AGRICULTURAL ORGANIZATIONS

Abstract. The paper considers a method for determining the optimal composition of machines and tractors fleet (MTF) of the agricultural organizations. It takes into account the possibility of «flexible» duration of the mechanized operations in the most intense periods of the field season. This method is based on an iterative optimization of adjustment results of MTF using traditional models of mixed integer linear programming criterion the minimum difference between savings and investment cost of crop losses. The authors worked out the algorithm of implementation methodologies and analytical yield losses depending on the length of harvesting cereal crops to determine the optimal composition of the combine fleet.

Keywords: machine-tractor fleet, optimization, «flexible» duration of the field work, investment, the cost of crop losses.

Формирование и обновление машинно-тракторного парка (МТП) сельскохозяйственных организаций всегда связано с большим объемом инвестиций и многовариантным выбором техники из множества альтернатив. Для этих целей разработаны различные математические модели оптимизации состава МТП, позволяющие решать задачу выбора для аграрных товаропроизводителей с учетом их индивидуальных характеристик [1, 2, 3]. Однако известные модели в качестве одного из условий используют жестко заданные продолжительности выполнения механизированных работ, которые совместно с производительностью машин и продолжительностью времени смены определяют потребность организации в технике. Вместе с тем известно, что на практике сроки выполнения работ и их продолжительности могут изменяться под воздействием природно-климатических и организационных факторов в довольно широких пределах. При этом изменение продолжительности выполнения механизированных работ в наиболее напряженные периоды полевого сезона (посев, уборка, подготовка почвы к посеву и т.д.) могут существенно влиять на количество базовых средств механизации в составе машинно-тракторного парка.

Эффекта уменьшения потребности в технике на выполнении таких работ без изменения их календарной продолжительности можно достичь за счет увеличения времени смены или коэффициента

сменности. Но при этом чаще всего возникает потребность в увеличении числа механизаторов, а также в снижении сроков амортизации используемой техники, что в условиях дефицита трудовых и финансовых ресурсов трудно реализовать на практике. Трансформация известных математических моделей оптимизации состава МТП с целью нахождения рациональных продолжительностей выполнения механизированных работ переводит эти линейные модели в класс нелинейных, компьютерная реализация которых вызывает большие затруднения и требует специальных исследований.

Учитывая методическую сложность оптимизации состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственной организации при переменных продолжительностях выполнения механизированных работ с помощью нелинейной математической модели, предлагаем решать эту оптимизационную задачу итерационным методом, используя в каждой последующей итерации в качестве исходных данных результаты решения базовой оптимизационной задачи целочисленного линейного программирования [4].

Поскольку потребность в базовых средствах механизации полеводства (тракторах и комбайнах) определяется только на выполнении определенных механизированных работ в напряженные периоды полевого сезона, в качестве «гибких» целесообразно рассматривать только продолжительность выполнения

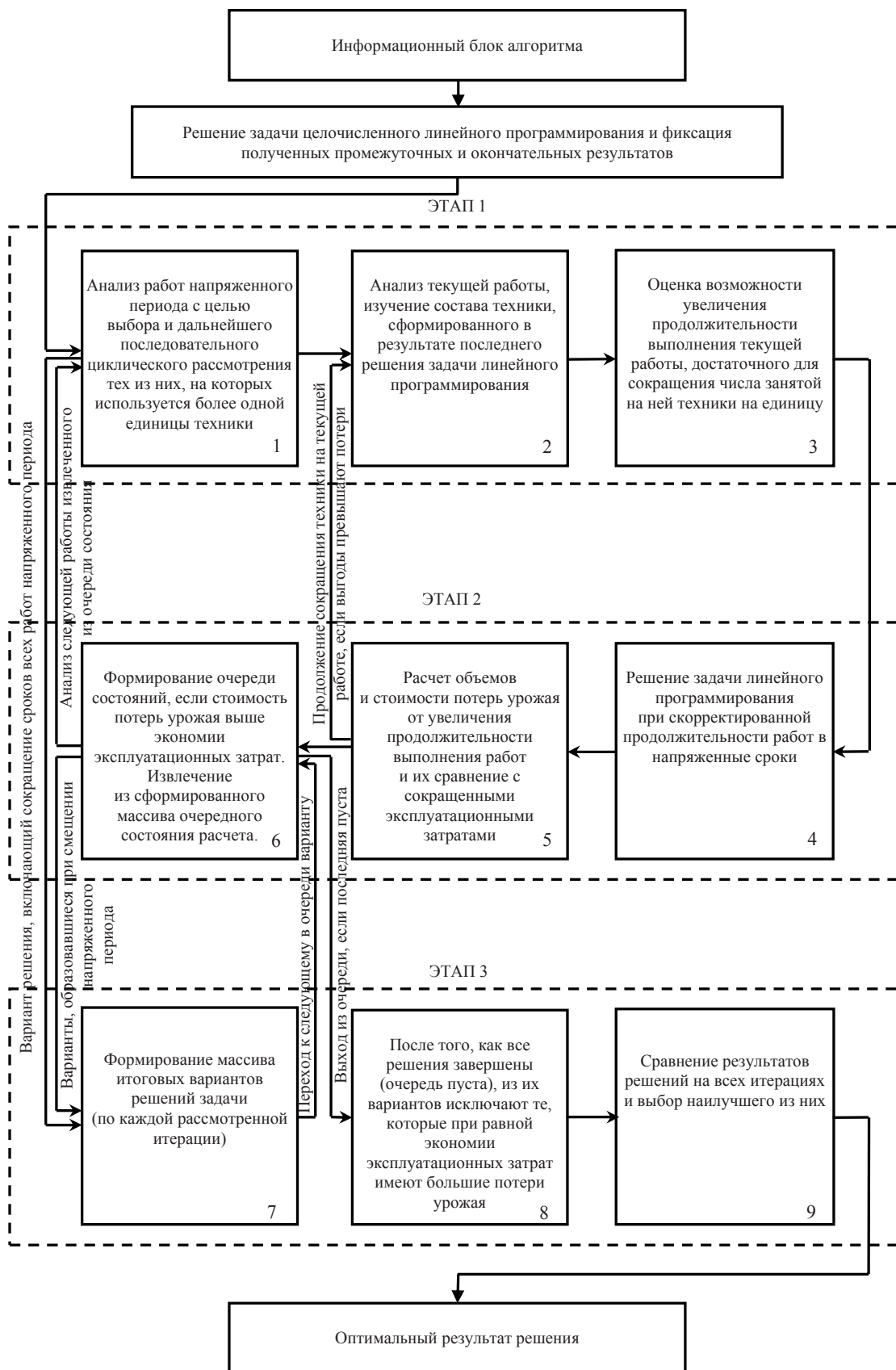


Рисунок 1. Схема алгоритма обоснования состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственной организации с учетом «гибких» сроков выполнения механизированных работ в полеводстве

таких работ. На рисунке 1 представлена обобщенная схема алгоритма обоснования состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственной организации с учетом «гибких» сроков выполнения механизированных работ в напряженные периоды полевого сезона.

Рассмотрим работу предлагаемого алгоритма на примере расчета потребности организации в зерноуборочных комбайнах, которая чаще всего определяется в период уборки зерновых колосовых культур. В этот же период, как правило, определяется максимальная потребность в механизаторах, поскольку в сравнительно короткие календарные сроки необходимо убрать большие объемы зерновых. Рассматриваемый алгоритм основан на пошаговом увеличении продолжительности выполнения уборочных работ, позволяющем на каждом шаге снижать на единицу полученное в первоначальном оптимальном расчете количество уборочной техники, и сравнении получаемой при этом экономии инвестиций со стоимостью потерь урожая, обусловленных увеличением продолжительности уборки.

Многолетними наблюдениями, выполненными зональными НИИ сельского хозяйства, были установлены зависимости потерь урожая зерновых колосовых культур от превышения нормативных сроков уборки в основных сельскохозяйственных регионах России [5]. Полученные зависимости дифференцированы по годам с нормальной, недостаточной и повышенной влажностью, вероятности наступления которых в двенадцатилетнем цикле составляют на юге России, например, соответственно 0,4; 0,4 и 0,2. Кроме того, поскольку при уборке зерновых колосовых культур на практике применяют две различные технологии — прямого комбайнирования и раздельной уборки с кошением и обмолотом валков, зависимости потерь урожая дифференцированы также по этим различным технологиям.

В результате аппроксимации описанных зависимостей нами были получены аналитические выражения для расчета потерь зерна в условиях Краснодарского края (в процентах к биологической урожайности) в k -й день после завершения нормативного срока уборки, которые имеют следующий вид:

— для озимой пшеницы, убираемой по технологии прямого комбайнирования:

$$\begin{aligned} \Pi_{k_n}^{оз.пш.} &= 0,4 \times (2,04 + 0,49k) + \\ &+ 0,4 \times (3,047 + 0,55k) \\ &+ 0,2 \times (1,767 + 0,86k); \end{aligned} \quad (1)$$

— для озимого ячменя, убираемого по технологии прямого комбайнирования:

$$\begin{aligned} \Pi_{np}^{оз.яч.} &= 0,5 \times \\ &\times (8,352 + 1,965k - 0,043k^2) + \\ &+ 0,5 \times (e^{1,537+0,217k-0,013k^2}); \end{aligned} \quad (2)$$

— для озимого ячменя, убираемого по технологии кошения и обмолота валков:

$$\begin{aligned} \Pi_{k_p}^{оз.яч.} &= 0,4 \times \left(\frac{1}{-0,08 \ln k + 0,31} \right) + \\ &+ 0,4 \times (4,03 \times e^{0,07k}) + \\ &+ 0,2 \times (6,83 \times e^{0,06k}) \end{aligned} \quad (3)$$

где k — порядковый номер дня после завершения нормативного срока уборки зерновых, в течение которого потери от осыпания зерна можно считать равными нулю.

Согласно схеме, представленной на рисунке 1, первый этап алгоритма предусматривает выявление напряженных периодов полевого сезона для конкретной сельскохозяйственной организации и механизированных работ, выполняемых в эти периоды. Применительно к уборке зерновых колосовых культур рассматриваются операции прямого комбайнирования, кошения и обмолота валков. Далее оценивается возможность увеличения продолжительности этих работ для снижения потребности в уборочной технике на единицу. Блок-схема алгоритма для реализации этого первого этапа представлена на рисунке 2.

Целочисленное минимальное значение увеличения продолжительности выполнения уборочных работ на каждой последующей итерации определяется из выражения:

$$\min \left[\Delta t_{irz} \div \frac{Q_{ir}}{t_{ir}} - \frac{Q_{ir}}{t_{ir} + \Delta t_{irz}} \geq w_{irn} \right], \quad (4)$$

где Q_{ir} — объем ir -ой механизированной операции, га ($i = 1, \dots, I$) — множество сельскохозяйственных культур, $r = 1, \dots, R$ —

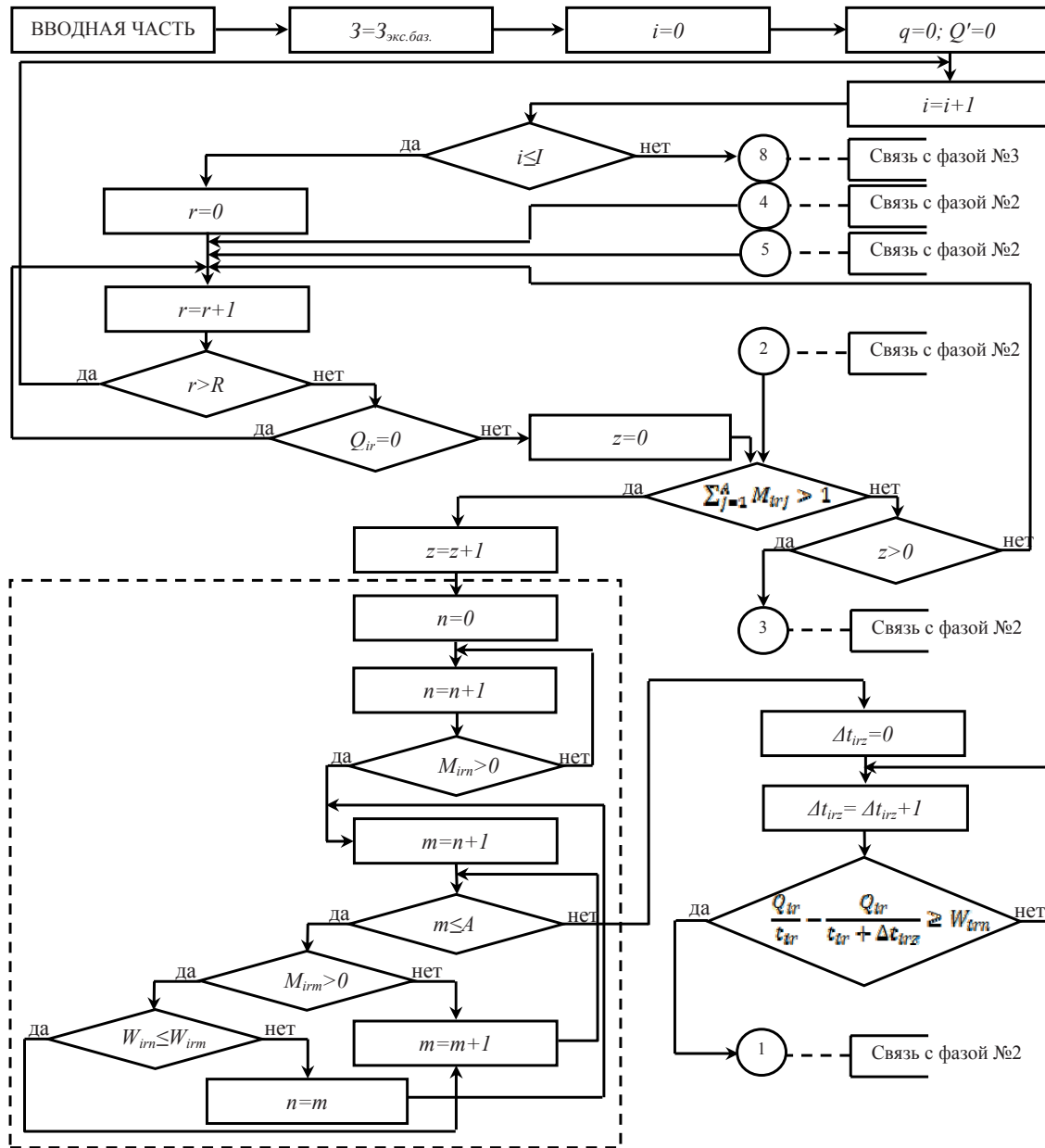


Рисунок 2. Блок-схема алгоритма реализации первого этапа обоснования состава комбайнового парка сельскохозяйственной организации

множество способов уборки; t_{ir} — исходная продолжительность ir -ой механизированной операции, дни; Δt_{irz} — шаг изменения (целочисленное значение) срока проведения ir -ой механизированной операции на z -ой итерации; w_{irn} — производительность n -ого вида техники на ir -ой механизированной операции, га/день ($n = 1, \dots, A$, где A — множество видов уборочной техники).

На втором этапе вычислительного алгоритма выполняется сравнение значений снижения эксплуатационных затрат на выполнение уборочных работ, обуслов-

ленного уменьшением единиц уборочной техники, со стоимостью потерь урожая вследствие удлинения сроков уборки. Блок-схема алгоритма этого этапа представлена на рисунке 3. Снижение эксплуатационных затрат находится как разница значений целевой функции, полученных на предыдущей и текущей итерациях. Стоимость потерь урожая определяется из выражения:

$$СПУ_{irz} = P_{ir} \times \sum_{k=1}^{b_{irz}} \left(\frac{Y_{ir} \times Q_{ir}}{t_{ir}} \times (b_{irz} + 1 - k) \times \frac{\Pi(k)}{100} \right) \quad (5)$$

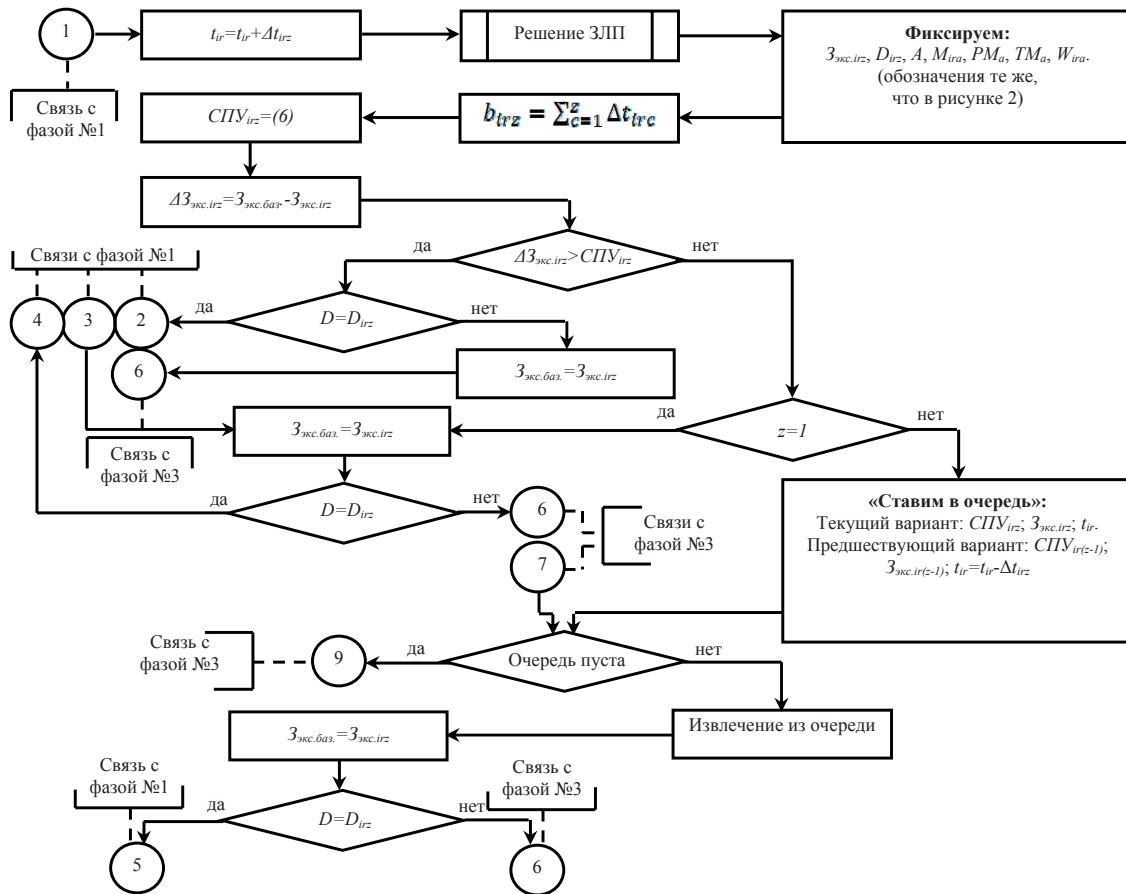


Рисунок 3. Блок-схема алгоритма реализации второго этапа обоснования состава комбайнового парка сельскохозяйственной организации

где $СПУ_{ирz}$ — стоимость потерь урожая, связанная с увеличением срока выполнения $ир$ -ой уборочной операции, р.; $Y_{ир}$ — ожидаемая урожайность культуры при рекомендуемых продолжительностях уборки, ц/га; $Q_{ир}$ — площадь уборки, га; $t_{ир}$ — увеличенная продолжительность уборки, дни; $P_{ир}$ — цена реализации 1 ц. убираемой культуры, р./ц; $b_{ирz}$ — число дней превышения рекомендуемого срока уборки; $\Pi(k)$ — потери урожая в k -й день превышения нормативного срока уборки от планируемой урожайности, %; z — номер выполняемой итерации.

Алгоритм второго этапа прекращает работу компьютерной программы после очередной итерации, на которой стоимость потерь урожая становится больше стоимости эксплуатационных затрат. В ходе выполнения второго этапа поиска все промежуточные результаты, полученные на предыдущих итерациях, сохраняются в памяти компьютера.

Реализация третьего этапа алгоритма (рис. 4) начинается формированием мас-

сива промежуточных решений, полученных на всех итерациях, каждое из которых содержит информацию о стоимости потерь урожая, экономии эксплуатационных затрат, стоимости комбайнового парка, выполняющего уборочные работы в сроки, зафиксированные в рассматриваемой итерации.

Далее алгоритмом предусмотрено исключение из рассмотрения результатов тех итераций, в которых стоимость потерь урожая зерновых от осыпания превышает размер экономии эксплуатационных затрат, а из оставшихся для анализа итераций выбирается та, которая соответствует следующему критерию:

$$\max_i \left[\Delta Z_{эi} \times \frac{1 - (1 + d)^n}{d} - \Delta K_i \right], \quad (6)$$

где $\Delta Z_{эi}$ — годовая экономия эксплуатационных затрат в i -ой итерации на выполнение уборочных работ, сформированная за счет сокращения количества уборочной

Примечания:

1. Мининзон В.И. Определение оптимального состава МТП в зависимости от погодных условий // Тракторы и сельхозмашины. 1986. №3. С. 7-9.
2. Финн О.А. Обоснование состава машинно-тракторного парка в хозяйстве. М.: Агропромиздат, 1985. 160 с.
3. Бершицкий Ю.И., Нечаев В.И., Бондаренко В.В. Использование дробно-линейных критериев при оптимизации состава машинно-тракторного парка сельхозпредприятий // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2006. №1. С. 44-57.
4. Бершицкий Ю.И., Горячев Ю.О. Оптимизация состава МТП с использованием целочисленного линейного программирования // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1991. №1. С. 23-26.
5. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Ч. II. Нормативно-справочный материал. М.: МСХ РФ, 1998. 251 с.

References:

1. Mininzon V.I. Determination of the optimal composition of the machine and tractor fleet, depending on weather conditions // Tractors and farm machinery. 1986. №3. Pp.7-9.
2. Finn O.A. Justification of the machine and tractor fleet on the farm. M.: Agropromizdat, 1985. 160 pp.
3. Bershitsky Yu.I., Nechayev V.I., Bondarenko V.V. Using linear fractional criteria for optimization of tractor fleet of agricultural enterprises // Proceedings of the Kuban state agrarian University. 2006. №1. Pp. 44-57.
4. Bershitsky Yu.I., Gorjachev Yu.O. Optimization of the machine and tractor fleet using integer linear programming // Mechanization and electrification of agriculture. 1991. №1. Pp. 23-26
5. Method of determining the economic efficiency of technology and agricultural machinery. Part II. Regulatory and reference material: M.: Ministry of Agriculture of the Russian Federation, 1998. 251 pp.