

УДК 631.171:330.4

UDC 631.171:330.4

08.00.00 Экономические науки

Economic sciences

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СРОКОВ ВЫПОЛНЕНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ**THE ECONOMIC SUBSTANTIATION OF THE TIMING OF MECHANIZED OPERATIONS IN CROP PRODUCTION**

Тюпаков Константин Эдуардович
к.э.н., доцент кафедры экономики и внешнеэкономической деятельности, SPIN-код 1534-4525
tupakov@yandex.ru

Tyupakov Konstantin Eduardovich
candidate of economic sciences, associate professor of the Department of economics and foreign trade activities, SPIN-code 1534-4525, tupakov@yandex.ru

Сайфетдинова Наталья Рафаиловна
к.э.н., доцент кафедры организации производства и инновационной деятельности, SPIN-код 2208-4242
nsaifetdinova@mail.ru

Saifetdinova Natalya Rafailovna
candidate of economic sciences, associate professor of the Department of organization of production and innovation activities, SPIN-code 2208-4242 nsaifetdinova@mail.ru

Сайфетдинов Александр Рафаилович
ассистент кафедры организации производства и инновационной деятельности, SPIN-код 3591-7401
saifet@mail.ru
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия,

Saifetdinov Alexander Rafailovich
assistant of the Department of organization of production and innovation activities, SPIN-code 3591-7401
saifet@mail.ru
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

При оценке оптимального состава машинно-тракторного парка (МТП) в основном в качестве варьируемых переменных используются номенклатурный и количественный составы парков технических средств и некоторые параметры производственной технологии, оставляя сроки выполнения механизированных полевых работ фиксированными. При этом изменения продолжительности выполнения механизированных работ в наиболее напряженные периоды полевых сезонов могут существенно влиять на количество базовых средств механизации в составе МТП, на величину инвестиций в его формирование и эксплуатационных издержек. В статье предложена методика определения состава МТП сельскохозяйственных организаций с учетом «гибких» продолжительностей выполнения механизированных работ в полеводстве, основанная на итерационной корректировке результатов оптимизации состава МТП по критерию минимальной разницы между экономией капиталовложений и стоимостью потерь урожая возделываемых культур. Реализация описанного алгоритма позволит определять оптимальный состав МТП сельскохозяйственных организаций с учетом возможности изменения продолжительности выполнения механизированных работ в полеводстве в наиболее напряженные периоды. При этом полученное в результате расчетов решение учитывает компромисс между ростом потерь продукции от увеличения продолжительности выполнения механизированных работ и снижением капитальных затрат на формирование парка базовых средств механизации

In assessing the optimal composition of machine and tractor fleet nomenclature and quantitative composition of parks of technical means and some parameters of production technology are used as varying variables, leaving the timing of mechanized field work fixed. At the same time change the duration of mechanized operations in the most intense periods of the field season can significantly affect the amount of the basic means of mechanization as a part of machine and tractor fleet, the value of investments in its formation and operating costs. The article proposes a method of determining the composition of the machine and tractor fleet of agricultural organizations considered the "flexible" duration of the mechanized operations in field and based on the iterative adjustment of the results of the optimization of machine and tractor fleet by the criterion of the minimum difference between savings investment and value of crop losses. The realization of the algorithm described above will allow determining the optimal composition of machine and tractor fleet of agricultural organizations considering the possibility of changing the duration of mechanized operations in field in the most intense periods. At the same time the resulting calculations decision takes into account the compromise between the growth of production losses by increasing the duration of mechanized operations and a reduction in capital costs for the formation of the machine and tractor fleet

Ключевые слова: МАШИННО-ТРАКТОРНЫЙ ПАРК, ОПТИМИЗАЦИЯ, «ГИБКИЕ» ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОЛЕВЫХ РАБОТ, КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЯ, СТОИМОСТЬ ПОТЕРЬ УРОЖАЯ

Keywords: MACHINE AND TRACTOR FLEET, OPTIMIZATION, FLEXIBLE DURATION OF FIELDWORK, CAPITAL INVESTMENTS, VALUE OF CROP LOSSES

В научной литературе проблеме оценки оптимального состава машинно-тракторного парка (МТП) сельскохозяйственных организаций посвящены различные исследования. Предлагаемые модели, главным образом базирующиеся на методе линейного программирования, в качестве варьируемых переменных содержат номенклатурный и количественный составы парков технических средств и некоторые параметры производственной технологии и структуры хозяйства. В то же время во всех этих работах сроки выполнения механизированных полевых работ являются фиксированными, что существенно ограничивает область поиска оптимального состава МТП [1,2,3,4,5].

Вместе с тем известно, что на практике продолжительности работ могут изменяться под воздействием природно-климатических и организационных факторов в довольно широких пределах. При этом изменения 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.

Соблюдение рекомендуемых сроков полевых работ связано либо с ростом инвестиций в формирование МТП предприятий, либо с повышением коэффициента сменности по группе механизированных операций напряженных периодов. Учитывая недостаток финансовых ресурсов сельскохозяйственных производителей и негативные тенденции кадрового потенциала отрасли, последнее на практике является трудновыполнимым. В связи с этим становится актуальной разработка методики экономического обоснования составов МТП сельскохозяйственных организаций, допускаю-

щей превышение рекомендуемых сроков выполнения полевых работ в напряженные периоды.

Увеличение таких сроков, с одной стороны, обеспечит снижение потребности в технике, затрат на ее содержание и эксплуатацию, а с другой – может привести к снижению ключевых производственных показателей. Тогда в задачу поиска оптимального состава МТП с использованием системы «гибких» сроков полевых работ необходимо включить механизм оценки выгод и потерь от увеличения продолжительности механизированных операций.

Учитывая методическую сложность одномоментного поиска оптимальных параметров МТП и продолжительностей полевых работ, нами на базе действующей задачи целочисленного линейного программирования разработан дополнительный «послеоптимизационный» алгоритм. Функционирование предлагаемой модели заключается в последовательных расчетах оптимального состава МТП с применением подготовленного к каждой новой итерации массива увеличенных сроков полевых работ, в формировании вариантов решений с дальнейшим выбором оптимального из них.

В целом предлагаемый алгоритм представляет собой последовательность логических и вычислительных операций, реализуемых в сложной системе вложенных друг в друга циклов, и функционально делится на тесно связанные между собой этапы и формально выделенную вводную часть. На рисунке 1 представлена обобщенная схема алгоритма обоснования состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственных организаций с учетом «гибких» сроков выполнения механизированных работ в напряженные периоды полевого сезона.

Задача поиска оптимального состава МТП с использованием «гибких» сроков полевых работ реализуется таким образом, что «послеоптимизационный» алгоритм работает с конкретными видами техники и механизированными операциями. Рассмотрим работу предлагаемого алгоритма на

примере расчета потребности организации в зерноуборочных комбайнах, которая чаще всего определяется в период уборки зерновых колосовых культур (при этом задача оценит оптимальный состав всего парка, но

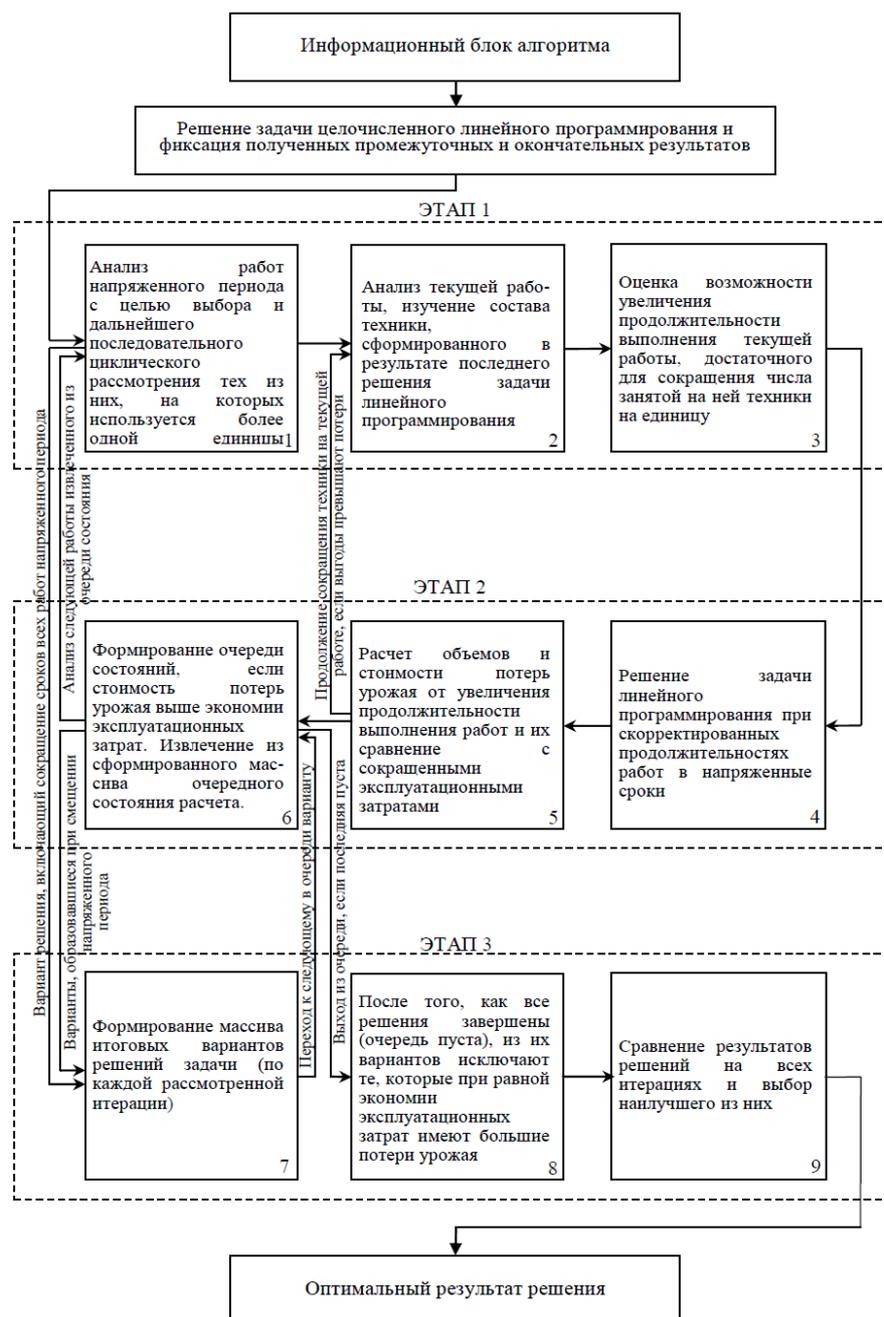


Рисунок 1 - Схема алгоритма обоснования состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственной организации с учетом "гибких" сроков выполнения механизированных работ в полеводстве

без варьирования сроков других полевых работ). В этот же период, как правило, определяется максимальная потребность в механизаторах, поскольку в сравнительно короткие календарные сроки необходимо убрать большие объемы зерновых. Пиковая потребность в зерноуборочных комбайнах наблюдается в период уборки озимой пшеницы и озимого ячменя, осуществляемых прямым комбайнированием и отдельной уборкой с кошением и обмолотом валков, другие зерновые культуры в силу незначительных площадей посева и несовпадения периодов созревания к этой группе не относятся. 1

Отдельного внимания требуют оценки количественной зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от соблюдения рекомендуемых сроков выполнения полевых работ, которые являются неотъемлемой частью разрабатываемого алгоритма. 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. 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 отдельной 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:

$$П_{к_{np}}^{оз.пш.} = 0,4 * (2,04 + 0,49k) + 0,4 * (3,047 + 0,55k) + 0,2 * (1,767 + 0,86k); \quad (1)$$

- для озимого ячменя, убираемого по технологии прямого комбайнирования:

$$П_{к_{np}}^{оз.яч.} = 0,5 * (8,352 + 1,965k - 0,043k^2) + 0,5 * \left(e^{1,537+0,217k-0,013k^2} \right); \quad (2)$$

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

$$П_{к_p}^{оз.яч.} = 0,4 * \left(\frac{1}{-0,08 \ln k + 0,31} \right) + 0,4 * (4,03e^{0,07k}) + 0,2 * (6,83e^{0,06k}); \quad (3)$$

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, а также осуществляет оценку возможности увеличения продолжительности таких работ. Алгоритм рассматривает последовательно все операции напряженного периода и реализует обозначенную выше функцию дискретными расчетами с помощью двух вложенных циклов (внешний цикл оценивает принципиальную возможность сокращения количества техники, занятой на текущей работе, на единицу, а вложенный в него определяет срок осуществления такой операции, достаточный для выполнения ее объема сокращенным звеном). Блок-схема алгоритма для реализации первого этапа представлена на рисунке 2.

Сокращений потребности в технике и, стало быть, эксплуатационных издержек следует ожидать, только если снижение дневной нагрузки на техническое звено окажется не ниже величины дневной выработки одной

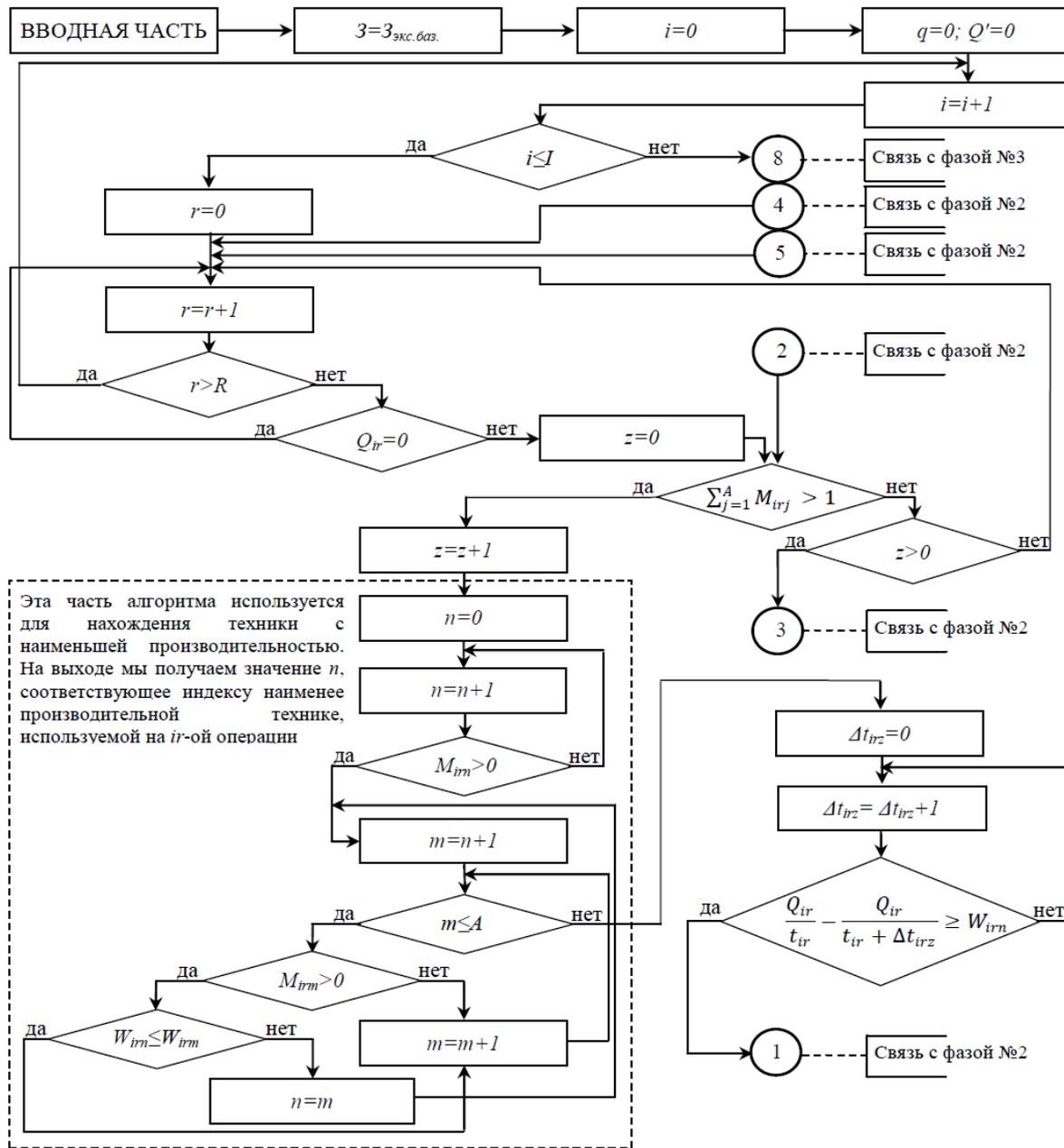


Рисунок 2 - Блок-схема алгоритма реализации первого этапа обоснования состава комбайнового парка сельскохозяйственной организации

единицы последнего на операции до внесения текущих корректировок. Целочисленное минимальное значение увеличения продолжительности выполнения уборочных работ на каждой последующей итерации определяется из выражения:

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

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

При этом, учитывая возможность производительной неоднородности используемого на ir -ой операции технического звена, условие (4) достигает своего минимального значения при $W_{irn} = \min[W_{irn} : n=1, \dots, A]$. В связи с этим в алгоритм включена совокупность блоков, направленных на идентификацию наименее производительной техники из сформированной группы машин.

На втором этапе вычислительного алгоритма выполняется сравнение значений снижения эксплуатационных затрат на выполнение уборочных работ, обусловленного уменьшением единиц уборочной техники, со стоимостью потерь урожая вследствие удлинения сроков уборки. Блок-схема алгоритма этого этапа представлена на рисунке 3. Второй этап алгоритма начинается решением задачи целочисленного линейного программирования относительно измененных условий. Центральной функцией этого этапа является сопоставление величины снижения значения целевой функции линейной задачи (эксплуатационных издержек) и потерь в урожае, вызванных превышением рекомендуемых сроков отдельных механизированных операций. Снижение эксплуатационных затрат находится как разница значений целевой функции, полученных на предыдущей и текущей итерациях.

Стоимость потерь урожая определяется из выражения:

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

где $СПУ_{irz}$ – стоимость потерь урожая, связанная с увеличением срока выполнения ir -ой уборочной операции, руб.; Y_{ir} – ожидаемая урожайность культуры при рекомендуемых продолжительностях уборки, ц./га; Q_{ir} – площадь уборки, га; t_{ir} – увеличенная продолжительность уборки, дни; P_{ir} – цена реализации 1 ц. убираемой культуры, руб./ц.; b_{irz} – 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.

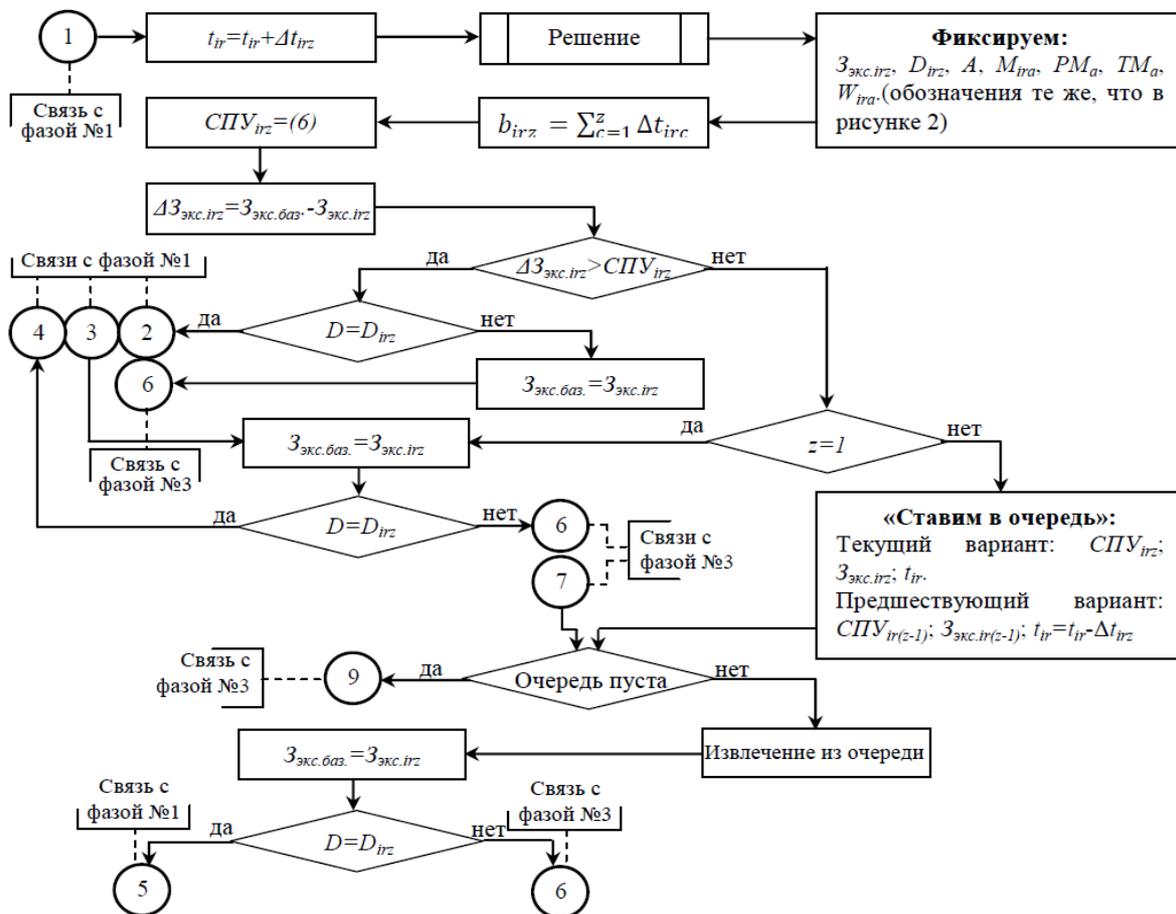


Рисунок 3 - Блок-схема алгоритма реализации второго этапа обоснования состава комбайнового парка сельскохозяйственной организации

Отметим, что (5) не учитывает косвенные потери, выражающиеся, в ухудшении товарного и технологического состояния зерна. Такие потери связаны со снижением потребительской стоимости произведенной продукции и

могут быть выражены экономическими потерями от падения выручки в результате реализации товарного зерна более низкой классности, а также стоимостной оценкой недобора будущего урожая по причине снижения продуктивных и посевных свойств семенного материала (эти проблемы могут служить объектом отдельного исследования и в настоящей статье затрагиваться не будут).

В алгоритме пределом сокращения технического звена на текущей работе (или увеличения ее продолжительности), в том числе, обозначен момент, на котором стоимость потерь урожая превысит величину экономии эксплуатационных затрат. В таком случае и если $z > 1$ текущее состояние процесса пополнит «очередь состояний», а анализ возобновится в отношении следующей работы в рамках очередного состояния расчета (если $z = 1$, текущее состояние минует очередь и алгоритм продолжает работу в его рамках). Это разделение связано с тем, что превышение потерь урожая над экономией эксплуатационных издержек, вызванное уже первым сокращением технического звена текущей работы ($z = 1$), само по себе не может создать альтернативные варианты решений, в отличие от состояний с более чем одной итерацией снижения потребности в технике, в которых как последний, так предшествующий (по шагам z) варианты могут оказаться искомыми.

По своей сути формирование очереди тождественно рассмотрению дерева решений, предоставляющего возможности анализа широкого спектра потенциальных производственных тактик и выбора лучшей из них. При его использовании отрицательная разница индикативного показателя, полученная на последнем варианте, теоретически может быть нивелирована более благоприятными ситуациями на одном из последующих производственных участков в рамках образованного этим вариантом состояния. При этом максимальное количество промежуточных решений ограничивается значением 2^R , где R – количество производственных участков (разно-

родных видов работ, определенных видовой структурой посевов и количеством операций).

Отметим еще одну функциональную возможность предлагаемого алгоритма. Учитывая, что смещение напряженного периода использования анализируемых видов техники переводит действительность дальнейшего увеличения сроков работ, образывавших изначальный напряженный период, как инструмента снижения общей потребности в таких видах машин, в категорию случайности, что значительно снижает его целесообразность, в модели предусмотрены логические операции, позволяющие в таком случае прекратить рассмотрение текущего состояния, зафиксировав его показатели, и перейти к следующему в очереди.

Реализация третьего этапа алгоритма (рисунок 4) начинается формированием массива промежуточных решений, полученных на всех итерациях, содержащих информацию о стоимости потерь урожая ($П_q = \sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R СПУ_{irz}$), экономии эксплуатационных затрат ($З_q = З_{экс.баз.}$), стоимости комбайнового парка, выполняющего уборочные работы в сроки, зафиксированные в рассматриваемой итерации ($КВ_q = \sum_{a=1}^A (PM_a \times \sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R M_{irz})$), средневзвешенном сроке эксплуатации такого технического звена $\left(cvTM_q = \sum_{a=1}^A \left(\frac{TM_a \times PM_a \times \sum_{c=1}^I \sum_{d=1}^R M_{cda}}{\sum_{b=1}^A (PM_b \times \sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R M_{irb})} \right) \right)$ и массив измененных сроков работ ($T_q = \{t_{ir} | i=1, \dots, I, r=1, \dots, R\}$) (q – номер варианта в массиве решений).

Экономическое сравнение сформированных промежуточных вариантов решений в алгоритме реализуется в два этапа – (1) исключение состояний, характеризующихся более высокими потерями урожая при равных с другими вариантами экономиях эксплуатационных издержек и (2) последующий анализ сокращенной совокупности и выбор единственного варианта. При этом, учитывая недостаточность собственных средств сельско-

хозяйственных товаропроизводителей для формирования технической базы растениеводства и стоимость заемного капитала, ситуация, характеризующаяся не самым высоким абсолютным эффектом от варьирования сроками в совокупности промежуточных решений, может оказаться наиболее предпочтительной [6,7,8].

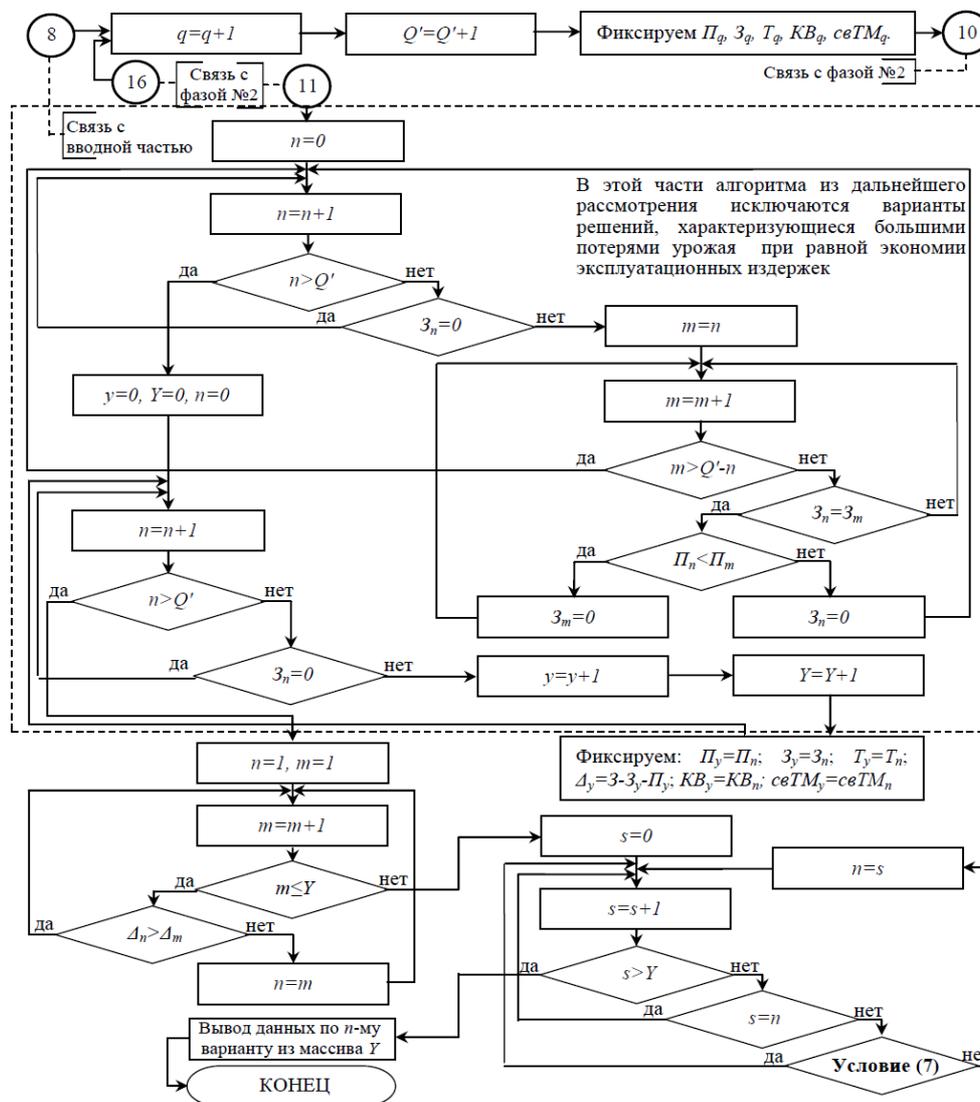


Рисунок 4 - Блок-схема алгоритма реализации третьего этапа обоснования состава комбайноного парка сельскохозяйственной организации

Например, запаздывание завершения отдельных механизированных операций, приводящее к снижению сбора урожая, может быть признано целесообразным, если дополнительные дисконтированные экономические выгоды повышающей эффект от варьирования сроками ситуации за период

нормативного использования соответствующего технического звена по сравнению с текущим вариантом решения будут меньше или равны величине необходимых капиталовложений в приобретение дополнительных единиц техники, работа которых эту выгоду обеспечивает. Тогда в качестве критерия сравнения двух вариантов решений может служить условие

$$\frac{\Delta_n \times \left(\left(1 + \frac{c}{100} \right)^{свТМ_n} - 1 \right)}{\frac{c}{100} \times \left(1 + \frac{c}{100} \right)^{свТМ_n}} - \frac{\Delta_s \times \left(\left(1 + \frac{c}{100} \right)^{свТМ_s} - 1 \right)}{\frac{c}{100} \times \left(1 + \frac{c}{100} \right)^{свТМ_s}} \geq KB_n - KB_s \Rightarrow n \succ = s, \quad (7)$$

где Δ_n и Δ_s – это эффект от увеличения сроков механизированных работ и сопряженного с ним сокращения потребности в технике, рассчитанный как разница между сокращением эксплуатационных издержек и потерями урожая, соответственно, по вариантам с индексами n и s , руб.; KB_n и KB_s – капитальные вложения в формирование необходимой совокупности машин по вариантам с индексами n и s , соответственно, руб.; $свТМ_n$ и $свТМ_s$ – средневзвешенные сроки эксплуатации машин по вариантам с индексами n и s , соответственно, лет; c – ставка дисконтирования, %, а $n \succ = s$ означает, что вариант с индексом n согласно сформированному критерию является не хуже, чем вариант с индексом s .

Реализация описанного алгоритма позволит определять оптимальный состав машинно-тракторного парка сельскохозяйственных организаций с учетом возможности изменения продолжительности выполнения механизированных работ в полеводстве в наиболее напряженные периоды. При этом полученное в результате расчетов решение учитывает компромисс между ростом потерь продукции от увеличения продолжительности выполнения механизированных работ и снижением капитальных затрат на формирование парка базовых средств механизации.

Литература:

- 1) Мининзон В.И. Определение оптимального состава МТП в зависимости от погодных условий. Тракторы и сельхозмашины, 1986, № 3, с.7-9.
- 2) 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 г., № 1, с.44-57.

- 3) Бершицкий Ю.И., Горячев Ю.О. Оптимизация состава МТП с использованием целочисленного линейного программирования. Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1991 г., № 1, с.23-26.
- 4) Бершицкий Ю.И., Кацко С.А., Кастиди Ю.К. Математическая модель частично-целочисленного линейного программирования для определения оптимальной потребности товаропроизводителей в сельскохозяйственной технике. Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2010 г, № 27, с.7-11.
- 5) Трубилин А.И., Бершицкий Ю.И., Кастиди Ю.К. Теоретические аспекты повышения эффективности использования сельскохозяйственной техники в растениеводстве. Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2009 г., № 17. с.7-11.
- 6) Бершицкий Ю.И. Анализ эффективности различных способов приобретения сельскохозяйственной техники. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2003 г., № 3, с.23-26.
- 7) Лачуга Ю.Ф., Василенко В.Н., Липкович Э.И., Бершицкий Ю.И. Новые подходы к обновлению МТП. Техника в сельском хозяйстве, 2005 г., № 6, с.3-7.
- 8) Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Часть II. Нормативно-справочный материал. – Москва, МСХ РФ, 1998 г. – 251 с.

References

- 1) Mininzon V.I. Opredelenie optimal'nogo sostava MTP v zavisimosti ot pogodnyh uslovij. Traktory i sel'hozmashiny, 1986, № 3, s.7-9.
- 2) Bershickij Ju.I., Nechaev V.I., Bondarenko V.V. Ispol'zovanie drobno-linejnyh kriteriev pri optimizacii sostava mashinno-traktornogo parka sel'hozpredpriyatij. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2006 g., № 1, s.44-57.
- 3) Bershickij Ju.I., Gorjachev Ju.O. Optimizacija sostava MTP s ispol'zovaniem celochislennogo linejnogo programmirovaniya. Mehanihacija i jelektifikacija sel'skogo hozjajstva, 1991 g., № 1, s.23-26.
- 4) Bershickij Ju.I., Kacko S.A., Kastidi Ju.K. Matematicheskaja model' chastichno-celochislennogo linejnogo programmirovaniya dlja opredelenija optimal'noj po-trebnosti tovaroproizvoditelej v sel'skohozjajstvennoj tehnikе. Trudy Kuban-skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2010 g, № 27, s.7-11.
- 5) Trubilin A.I., Bershickij Ju.I., Kastidi Ju.K. Teoreticheskie aspekty povyshe-nija jeffektivnosti ispol'zovaniya sel'skohozjajstvennoj tehniky v rastenievodst-ve. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2009 g., № 17. s.7-11.
- 6) Bershickij Ju.I. Analiz jeffektivnosti razlichnyh sposobov priobretenija sel'skohozjajstvennoj tehniky. Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk, 2003 g., № 3, s.23-26.
- 7) Lachuga Ju.F., Vasilenko V.N., Lipkovich Je.I., Bershickij Ju.I. Novye podhody k ob-novleniju MTP. Tehnika v sel'skom hozjajstve, 2005 g., № 6, s.3-7.
- 8) Metodika opredelenija jekonomicheskoy jeffektivnosti tehnologij i sel'skohozjajstvennoj tehniky. Chast' II. Normativno-spravochnyj material. – Moskva, MSH RF, 1998 g. – 251 s.