

УДК 631.3: 004.422

С.П. ИСАКОВА, научный сотрудник,
Е.А. ЛАПЧЕНКО, научный сотрудник

Физико-технический институт аграрных проблем СФНЦА РАН
630501, Россия, Новосибирск, пос. Краснообск
e-mail: sibfti.n@ngs.ru

WEB-КОМПЛЕКС НА БАЗЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Представлена математическая модель, разработанная для формирования оптимального состава машинно-тракторного парка в хозяйстве с учетом ограничений по числу машин и механизаторов. Разработан web-комплекс «ПИКАТ» на основе математической модели, предназначенный для принятия решений и оперативного управления сельскохозяйственным предприятием. Приведена структурная схема web-комплекса. Данный комплекс осуществляет следующие функции: выполнение необходимых расчетов экономических показателей по технологическим картам с различными исходными данными, проверку сроков введенных технологических карт и наличия механизаторов соответствующей квалификации, оценку работоспособной техники для выполнения заданных работ, подбор оптимального состава машинно-тракторного парка с ограничением по срокам работ, сравнение полученных вариантов решений, оперативное реагирование на изменение условий деятельности предприятия. Сформирована база данных, содержащая информацию о культурах, тарифных ставках механизаторов, налогах и доплатах, ценах на горюче-смазочные материалы и электроэнергию, тракторах и комбайнах, сельхозмашинах, агрегатах, сведения о числе и квалификации механизаторов, технологических картах, технологических операциях, данных о средствах защиты и удобрениях, применяемых на технологических операциях. Проведена апробация web-комплекса на базе хозяйства «Элитное» (Новосибирская область). Рассчитаны варианты оптимального состава машинно-тракторного парка по прямым затратам и числу задействованных механизаторов. Сделан вывод, что web-комплекс «ПИКАТ» позволяет проводить необходимые расчеты по заявленным требованиям.

Ключевые слова: машинно-тракторный парк, математическая модель, технологии удаленного доступа, программный комплекс, технологическая карта.

Каждый сельхозпроизводитель выбирает тот или иной вариант технологий и технических средств для производства зерна в зависимости от ресурсного обеспечения сроков проведения полевых работ и наличия необходимого числа механизаторов. Современное сельскохозяйственное производство в значительной мере определяется организацией работы машин. Многообразие сельскохозяйственной техники различных производителей с разными характеристиками (эксплуатационные и стоимостные) требует научного обоснования формирования и обновления технической базы производства продукции растениеводства. Основу такой базы в сельскохозяйственных предприятиях составляет машинно-тракторный парк (МТП), который с учетом участия человека в технологических процессах определяет сроки и качество выполнения механизированных работ, уровень производительности труда и себестоимости продукции [1–3].

В настоящее время проблема дефицита кадров в сельском хозяйстве стоит достаточно остро. Чтобы решить проблему с нехваткой квалифицированных механизаторов на селе, необходимо рациональное и эффективное использование трудовых ресурсов и (или) применение более мощной техники, как правило более производительной. В результате потребуются меньшее число механизаторов [4, 5]. Необходимо также при производстве

сельхозпродукции учитывать взаимосвязь и взаимовлияние окружающей среды, растений, машин, земли и социума [6, 7].

Ряд существенных для хозяйственной деятельности факторов меняется в процессе проведения планирования или после составления планов, вследствие чего необходимо оперативно скорректировать их с учетом новых условий. При этом требуется выбор рациональных управляющих решений по корректировке видов и объемов производимой продукции, распределению производственных ресурсов и выбору оптимального состава технических средств. Решение данной задачи возможно с применением web-технологий, обеспечивающих доступ к данным в любой момент времени, что позволяет своевременно учитывать непостоянные и изменяющиеся во времени факторы при принятии управленческих решений [8–10].

С учетом сказанного выше для управления производством сельскохозяйственной продукции требуется принятие решения по формированию оптимального состава МТП в хозяйстве, рационального по числу и качеству машин с учетом ограничений по числу квалифицированных кадров.

Цель исследования – разработать математическую модель подбора оптимального состава машинно-тракторный парка в условиях кадровых ограничений и программное обеспечение для ее апробации.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для разработки математической модели необходимо применить информационные, интуитивные, экономические, а также методы системного анализа. Для апробации полученной модели, используя программирование на ЭВМ, нужно разработать программное обеспечение, выполняющее следующие функции:

- подбор оптимального состава МТП в условиях конкретного хозяйства;
- сравнение вариантов подбора состава МТП по экономическим показателям;
- возможность оперативной корректировки данных при изменении условий деятельности предприятия в процессе производства сельскохозяйственной продукции.

Для экспериментального исследования использованы данные ФГУП «Элитное» (Новосибирская область). Общая площадь полей, включенных в исследование, следующая: пшеница яровая (по зерновым) – 520 га, кукуруза – 130, ячмень – 379, овес – 270, однолетние травы – 656, пар – 50, пшеница яровая (по пропашным) – 130, пшеница яровая (по пару) – 50, многолетние травы – 105 га.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Под оптимальным составом МТП понимается такое сочетание тракторов и сельскохозяйственных машин, при котором выполняются все заданные объемы работ в условиях кадровых ограничений в положенные сроки с минимальными прямыми затратами и при соблюдении агротехнических условий. Предполагается, что парк формируется заново из возможных предлагаемых марок тракторов и сельскохозяйственных машин.

Задачу по определению оптимального состава МТП можно сформулировать следующим образом: необходимо найти такой состав парка и определить план его использования в течение всего года, при котором достигается минимум прямых затрат (1) и числа механизаторов (2). При этом должны быть выполнены ограничения по выполнению заданного объема работ, избыточности техники, наличию необходимого числа техники и механизаторов соответствующей квалификации.

Критерий оптимизации по прямым затратам:

$$\sum_{g=1}^G \sum_{p_g=1}^{P_g} \sum_{r=1}^{R_{p_g}} \sum_{a=1}^{A_r} (Gsm_{ar} \cdot Ga_{arp_g} \cdot C \cdot k_a + AT_{arp_g} + AC_{arp_g} + TOT_{arp_g} + TOC_{arp_g} + CM_{arp_g} + ЧМ_{arp_g} \cdot H_{arp_g} \cdot \left(1 + \frac{O_{rp_g}}{100}\right)) = F_1 \rightarrow \min, \quad (1)$$

где Gsm_{ar} – расход ГСМ a -го агрегата на r -й работе, кг/га; Ga_{arp_g} – объем работ a -го агрегата на r -й работе в p_g -й период, га; C – стоимость ГСМ, р./кг; k_a – коэффициент учета стоимости ГСМ (отечественной техники и стран СНГ – 1,1; зарубежной – 1,25); AT_{arp_g} , AC_{arp_g} – затраты на амортизацию для трактора и сельскохозяйственной машины a -го агрегата на r -й работе в p_g -й период, р.; TOT_{arp_g} , TOC_{arp_g} – затраты на техобслуживание и ремонт для трактора и сельскохозяйственной машины a -го агрегата на r -й работе в p_g -й период, р.; CM_{arp_g} – ставка механизатора, работающего на a -м агрегате на r -й работе в p_g -й период, р./смена; $ЧМ_{arp_g}$ – число механизаторов a -го агрегата, необходимых для выполнения r -й работы в p_g -й период; H_{arp_g} – норма a -го агрегата при выполнении r -й работы в p_g -й период, смена; O_{rp_g} – социальные отчисления за выполнение a -й работы в p_g -й период, %.

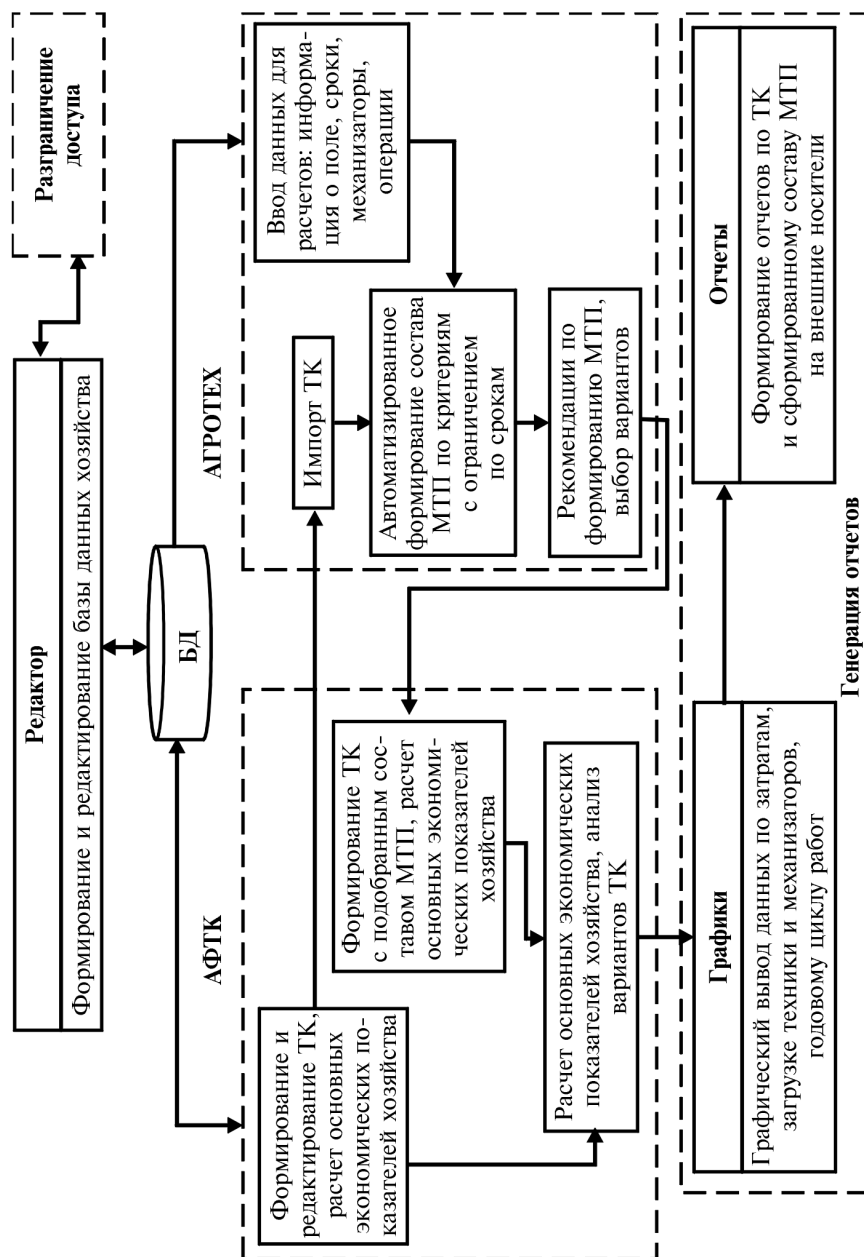
Критерий оптимизации по числу механизаторов выразится в следующем виде:

$$\sum_{g=1}^G \sum_{p_g=1}^{P_g} \sum_{r=1}^{R_{p_g}} \sum_{a=1}^{A_r} ЧМ_{arp_g} = F_2 \rightarrow \min. \quad (2)$$

На базе описанной выше модели в Сибирском физико-техническом институте аграрных проблем СФНЦА РАН разработан web-комплекс «ПИКАТ» для принятия решений и оперативного управления сельскохозяйственным предприятием, основанный на технологиях удаленного доступа. Он состоит из нескольких компонент, включающих автоматизированное формирование технологических карт (ТК), автоматизированный подбор техники, графический вывод результатов, и предназначен для ведения годового планирования сельскохозяйственных работ [11]. Структурная схема комплекса представлена на рисунке.

Входными данными для web-комплекса является информация:

- о технологиях производства продукции растениеводства (площадь полей, перечень технологических операций, оптимальные агротехнические сроки выполнения операций, разряд механизаторов, рабочих);
- о вносимых удобрениях и средствах защиты по каждой операции;
- о наличии техники, механизаторов (Ф.И.О., квалификации и ставке, закреплении техники за каждым механизатором);



Структурная схема комплекса «ПИКАТ»

- о больничных листах или увольнении механизаторов;
- о неисправностях или списании техники.

Функции «ПИКАТ»:

- формирование базы данных (БД) хозяйства путем добавления, редактирования и удаления данных;
- добавление, редактирование и удаление технологической карты хозяйства;
- расчет основных экономических показателей по технологической карте хозяйства;
- проверка введенных технологических карт выполнения сроков и наличия механизаторов соответствующей квалификации и работоспособной техники для выполнения заданных работ;
- автоматизированное формирование состава МТП по критериям (минимум прямых затрат и числа механизаторов) с ограничением по срокам работ;
- формирование технологической карты с выбранными вариантами формирования состава МТП;
- автоматизированное формирование имеющегося в хозяйстве состава МТП для технологической карты;
- графический вывод данных по затратам, загрузке техники и механизаторов, годовому циклу работ.

Для экспериментальных исследований использованы данные сельскохозяйственного предприятия ФГУП «Элитное» Новосибирской области. При этом решена следующая задача – сформирован оптимальный машинно-тракторный парк для условий конкретного предприятия с учетом объема работ, средств производства и социального фактора (квалифицированных механизаторов).

Сформирована база данных, содержащая информацию о культурах, тарифных ставках механизаторов, налогах и доплатах, ценах на ГСМ и электроэнергию, тракторах и комбайнах, сельхозмашинах, агрегатах, механизаторах, технологических картах, технологических операциях, данных о средствах защиты и удобрениях, применяемых на технологических операциях.

В результате подбора МТП по критериям минимума прямых затрат и числа механизаторов при ограничении по срокам получено восемь вариантов с прямыми затратами от 5 088 297,78 до 5 365 561,61 р. Из них выбран оптимальный вариант с минимальными прямыми затратами.

ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель подбора оптимального состава машинно-тракторного парка с учетом выполнения всех заданных объемов работ в условиях кадровых ограничений в положенные сроки с минимальными прямыми затратами и при соблюдении агротехнических условий.

2. Для апробации математической модели разработан web-комплекс «ПИКАТ», который дает возможность подбирать оптимальный состав МТП, проводить необходимые расчеты с различными исходными данными, сравнивать полученные варианты решений, оперативно реагировать

на изменения условий деятельности предприятия в процессе производства сельскохозяйственной продукции, принимать решения по управлению предприятием.

3. Подобран оптимальный состав МТП по прямым затратам и минимуму механизаторов с учетом ограничений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кастиди Ю.К.** Экономическая эффективность формирования обновления машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий: автореф. дис. ... канд. экон. наук. – Краснодар, 2012. – 24 с.
2. **Альт В.В., Лапченко Е.А., Исакова С.П.** Формирование МТА с учетом социально-демографического фактора // Труды ГОСНИТИ. – М., 2013. – Т. 113. – С. 49–52.
3. **Разработка** принципов и обоснование параметров компьютерного моделирования вариантов использования машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия для целей оперативного управления технологическими процессами в растениеводстве. – [Электронный ресурс]: URL <http://tekhnosfera.com/view/110043/d?#?page=1>
4. **Ерохин М.Н., Ананьин А.Д.** Подготовка агроинженерных кадров на основе современных технологий // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы VII междунар. науч.-практ. конф. – М.: Росинформагротех, 2014. – С. 30–37.
5. **Колпакова Л.А., Боброва Т.Н.** Применение информационных технологий для рационального использования трудовых ресурсов сельскохозяйственного предприятия // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы 6-й междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2015. – Ч. 1. – С. 122–125.
6. **Alt V., Isakova S., Lapchenko E.** Information complex models of agriculture objects // 2014 12th International conference on actual problems of electronic instrument engineering proceedings APEIE-2014 (October 2–4, 2014). – Novosibirsk: NSTU, 2014. – Vol. 1. – P. 633–637.
7. **Валге А.М., Папушин Э.А., Пакскина Е.Г.** Использование информационных технологий при проектировании процессов производства продукции растениеводства // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 2012 – № 3. – С. 17–18.
8. **Корчуганова М.А., Сырбаков А.П.** Информационная система оптимизации технологических процессов в растениеводстве // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы 6-й междунар. науч.-практ. конф. «АГРОИНФО-2015» (Новосибирск, 22–23 октября 2015 г.). – Новосибирск, 2015. – Ч. 2. – С. 82–85.
9. **Paz Joel O., Batchelor William D., Pedersen Palle.** A Web-Based Soybean Management Decision Support System // Agronomy J. – 2004. – Vol. 96, N 6. – P. 1771–1779.
10. **Альт В.В., Исакова С.П., Лапченко Е.А.** Применение современных систем машин в АПК на основе информационных технологий // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы 11-й междунар. науч.-практ. конф. (4–5 февраля 2016 г.). – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2016. – Кн. 3. – С. 7–8.
11. **Альт В.В., Исакова С.П., Лапченко Е.А.** Сетевая система поддержки принятия решения управления производством продукции растениеводства // Environmentally Friendly Agriculture and Forestry for Future Generations: Book of Full Papers of International Scientific XXXVI CIOSTA & CIGR SECTION V Conference (26–28 May, 2015, Saint Petersburg, Russia): SPbSAU, 2015. – P. 28–33.

Поступила в редакцию 19.09.2016

S.P. ISAKOVA, Researcher,
E.A. LAPCHENKO, Researcher

Siberian Physical-Technical Institute of Agrarian Problems, SFSCA RAS
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia
e-mail: sibfti.n@ngs.ru

WEB COMPLEX BASED ON MATHEMATICAL MODEL TO FORM OPTIMAL MACHINE-AND-TRACTOR FLEET

There is given a mathematical model developed to form the optimal structure of machine-and-tractor fleet in an agricultural enterprise taking into account limitations in the number of machines and machine operators. There was developed a web complex PIKAT based on the mathematical model and intended for decision-making and on-line control of an agricultural enterprise. The structural arrangement of the web complex is given. This complex implements the following functions: calculates economic showings according to process charts with different initial data; checks the dates of process charts and availability of machine operators having appropriate qualification; evaluates the usable machinery to perform the predetermined tasks; chooses the optimal structure of machine-and-tractor fleet with the limitations of work fulfillment dates; compares the decision variants; responds on-line to changes in the enterprise's activity conditions. There was created a database containing information on agricultural crops, tariff rates of machine operators, taxes and additional payments, fuel and lubricant prices, electrical energy cost, tractors, combines, agricultural machinery and units, machine operators, process charts, process operations, fertilizers and plant protection means. The approbation of the web complex was carried out at the farm "Elitnoe", Novosibirsk Region. There were calculated the variants of the optimal structure of machine-and-tractor fleet as to direct costs and the number of machine operators. It is concluded that the web complex PIKAT makes it possible to carry out the necessary calculations in accordance with the demands.

Keywords: machine-and-tractor fleet, mathematical model, remote access technology, software complex, process chart.
