

мощности трехфазных асинхронных двигателей и осветительных приборов с газоразрядными лампами превышали темпы роста других электроприемников. С 1990 года ситуация резко изменилась в связи с проблемами, характерными для всех хозяйствующих субъектов республики: резкое удорожание всех видов энергоресурсов, в том числе и электроэнергии, увеличение цен на все виды электрооборудования и т.д. Поэтому к 2000 году оказались выведенными из эксплуатации большинство электронагревательных устройств. Что касается других типов электроприемников, то характер изменения их общей мощности и количества настолько разнообразен, что не позволяет сделать каких-либо общих выводов. В одних хозяйствах общая установленная мощность и количество отдельных видов электроприемников если и увеличились, то незначительно, а в некоторых – наоборот, даже уменьшились, происходит демонтаж электрооборудования. Часто из эксплуатации выводятся целые объекты. В 14 из 20 хозяйств уменьшилась суммарная установленная

мощность электроприемников, в шести – незначительно выросла. При этом резко упало электропотребление во всех хозяйствах.

Исследования динамики изменения мощности нелинейных и однофазных электроприемников (табл. 4, 5) показывают, что с 1970 по 2000 гг. происходил непрерывный рост их суммарной установленной мощности и количества в хозяйствах. Наиболее значительным видом среди однофазных электроприемников на протяжении всего периода были осветительные приборы с лампами накаливания, среди нелинейных – устройства электросварки и осветительные и облучательные приборы с газоразрядными лампами высокого и низкого давления. Доля мощности нелинейных электроприемников при этом упала с 7,2 % в 1970 году до 4,7 % в 2000 году. Доля мощности однофазных электроприемников упала с 5,7 % в 1970 году до 4,5 % в 1990 году, а затем возросла до 5,0 % в 2000 году. При этом доля мощности осветительных и облучательных приборов с газоразрядными лампами, которые относятся и к однофазным, и нелинейным электроприемникам, а

также их количество непрерывно росло. Результаты исследования динамики изменения мощности отдельных видов электроприемников в таком незначительном количестве хозяйств не позволяют делать выводы, касающиеся республики в целом. Но они все же представляют определенный интерес и отражают некоторые тенденции, характерные для всех хозяйств республики.

В результате исследований установлено наличие однофазных и нелинейных электроприемников в каждом из обследованных хозяйств. Их общая установленная мощность составляет 10...15 % от установленной мощности всех электроприемников хозяйства в производственном секторе и продолжает расти. Однофазные и нелинейные электроприемники, несомненно, снижают качество электроэнергии в сети. Но в хозяйствах, где проводились исследования, какие-либо меры по повышению его качества не применяются. Поэтому существует необходимость разработки мероприятий, направленных на повышение качества электроэнергии в сельских электрических сетях напряжением 380/220 В.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Т.А. НЕПАРКО (УО БГАТУ)

Работы по возделыванию, уборке и послеуборочной переработке урожая сельскохозяйственных культур можно механизировать с использованием различных наборов машин. По-разному могут быть распределены и работы между агрегатами. При этом, как правило, будут различными и затраты на производство продукции растениеводства.

Поэтому для каждого сельскохозяйственного предприятия из всего разнообразия технологических и технических решений должны быть выбраны такие варианты, которые обеспечивают максимальную эффективность производства. Необходимо отметить, что большинство показателей, характеризующих работу машинно-тракторных агрегатов (МТА),

не могут быть оценены однозначно. Так, повышение скорости движения агрегата, обеспечивающее повышение производительности труда, сопровождается как интенсивным ростом тягового сопротивления, так и непропорциональным увеличением затрат мощности на самопередвижение агрегата.

Эксплуатационная масса трактора, способствующая при ее рациональном распределении повышению тягово-сцепных свойств, при повышении ее значения негативно сказывается на удельном давлении на почву. Оснащение трактора средствами нормализации микроклимата в кабине, устройствами автоматизации рабочего процесса влечет за собой повышение его стоимости, однако в совокупности способствует повышению производительности труда.

При системном подходе к выбору рационального состава и режимов работы МТА для оценки альтернативных вариантов возникает необходимость обоснования четких критериев. Проблема состоит в том, что каждый из частных критериев достигает своего лучшего значения при различных сочетаниях характеристик системы. Возможно также наличие противоречивых критериев, когда смена характеристик системы с целью улучшения одного из них вызывает ухудшение другого.

В общем виде математическая модель многокритериальной задачи формирования рациональной системы машин может быть описана выражением [1]:

$$MM = \langle n, V, U, L, H, f \rangle,$$

где  $n$  - тип многокритериальной задачи;  $V$  - множество вариантов оцениваемых характеристик системы;  $U$  - множество критериев, по которым оценивается система;  $L$  - шкала оценок по каждому критерию;  $H$  - система приоритетов выбора лица, принимающего решение;  $f$  - правило решения, которое на множестве вариантов  $V$  задает отношение к системе приоритетов  $H$ .

Обобщенную оценку рационального состава МТА позволяет производить метод многокритериального выбора агрегатов из выходного множества альтернативных вариантов. В то же время применение метода Парето при формировании выходного мно-

жества альтернативных вариантов дает возможность выйти на эффективную границу с использованием всех критериев по принципу доминирования, т.е. объединяет варианты, которые преобладают над остальными и не имеют доминирования над собой. Эффективные (Парето-оптимальные) варианты оцениваются вектором критериев:

$$u = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}, \quad u_i \in U, i = 1, \dots, n.$$

Вариант  $A$  доминирует над вариантом  $B (A \succ B)$ , если каждый из критериев  $u_i^A$  превышает или эквивалентен соответствующим критериям  $u_i^B$  ( $u_i^A \succeq u_i^B$ ), причем хотя бы для одного из них справедливо строгое превышение ( $u_i^A \succ u_i^B$ ).

Если для улучшения варианта необходимо увеличение критерия  $u_i$ , то знак доминирования ( $\succ$ ) отвечает знаку "больше" ( $u_i^A > u_i^B$ ); если улучшение варианта отвечает уменьшению количественно выраженного критерия  $u_i$ , то - знаку "меньше" соответствует ( $u_i^A < u_i^B$ ).

Определение эффективной границы позволяет сократить количество вариантов и упростить их дальнейший анализ.

Возможность обоснования идеала и оценку меры приближения к нему каждого из вариантов выходного множества альтернативных вариантов используют с помощью метода многокритериального выбора по интегральному критерию удаления от цели. При этом идеальный вариант характеризует такую систему, для которой каждый из критериев достигает своего потенциально лучшего значения. Такие значения могут быть обоснованы теоретически или отвечать лучшим реально достигнутым величинам.

Интегральный критерий удаления от цели  $\mu_j$  можно

определить как отношение площадей многоугольников

$$\mu_j = \frac{\Pi_j}{\Pi_o} \quad \mu \geq 1, \quad (1)$$

где  $\Pi_j$ ,  $\Pi_o$  - соответственно площади многоугольников  $j$ -го и идеального вариантов, построенные на значениях критериев. Преобразование критериев в безразмерные величины путем нормирования, нормирующими делителями, принимая значения критериев идеального варианта ( $u_{io}$ ), позволяет использовать показатели, характеризующие производственные факторы с различной размерностью и диапазоном изменения.

В этом случае интегральный критерий удаления от цели можно определить как по формуле (1), в которой площади многоугольников выражены значениями нормированных критериев, так и через относительное удаление от цели:

$$\mu_j = \frac{\sum_{i=1}^n u_{ij}^H - \sum_{i=1}^n u_{io}^H}{\sum_{i=1}^n u_{io}^H} = \frac{\sum_{i=1}^n u_{ij}^H}{N} - 1$$

Оценку функционирования сложной системы обычно производят при помощи количественно выраженных характеристик. При этом каждая из числовых характеристик в соответствии с теорией сложных систем [2, 3] должна удовлетворять трем условиям: представлять собой величину, зависящую от процесса функционирования системы, которую по возможности просто вычислить, исходя из математического описания системы; давать представление о свойствах системы; допускать, в пределах возможного, простую приближенную оценку по экспериментальным данным.

Этим условиям удовлетворяют показатели эффективности производственных систем, представленные в виде дерева целей (рис. 1). Как видно из рис. 1, добиться

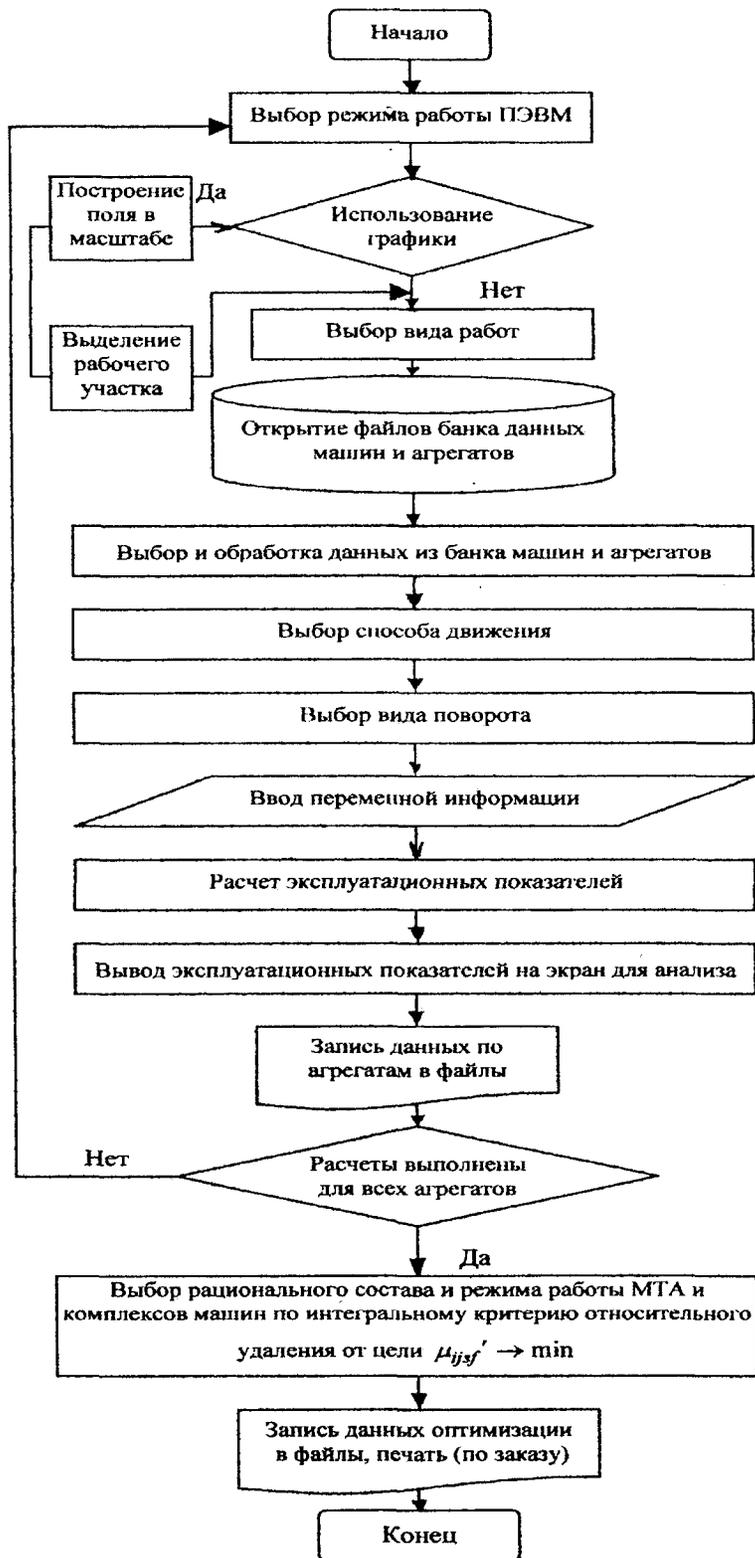


Рис. 2. Блок-схема выбора рационального состава и режимов работы агрегатов.

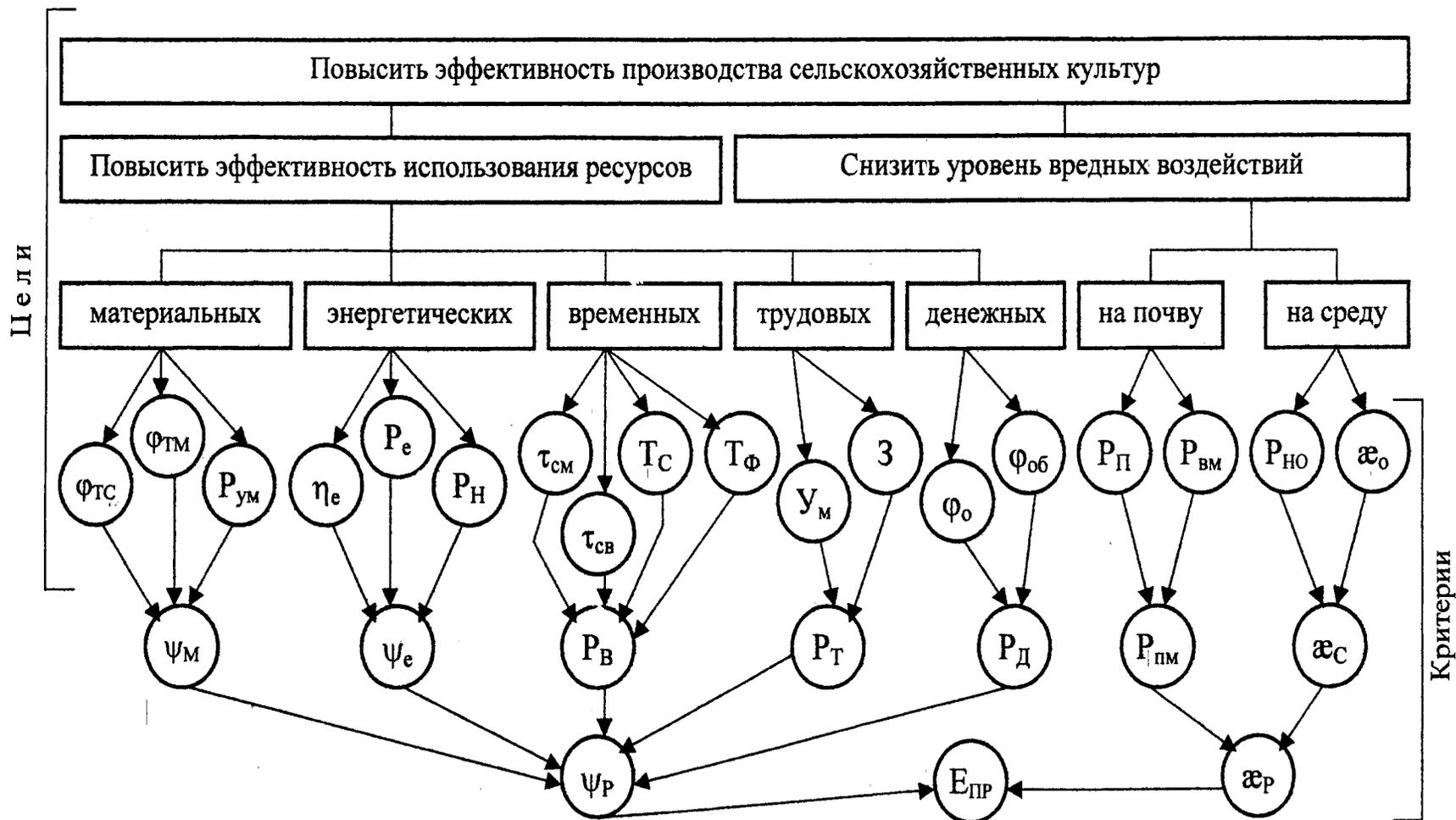
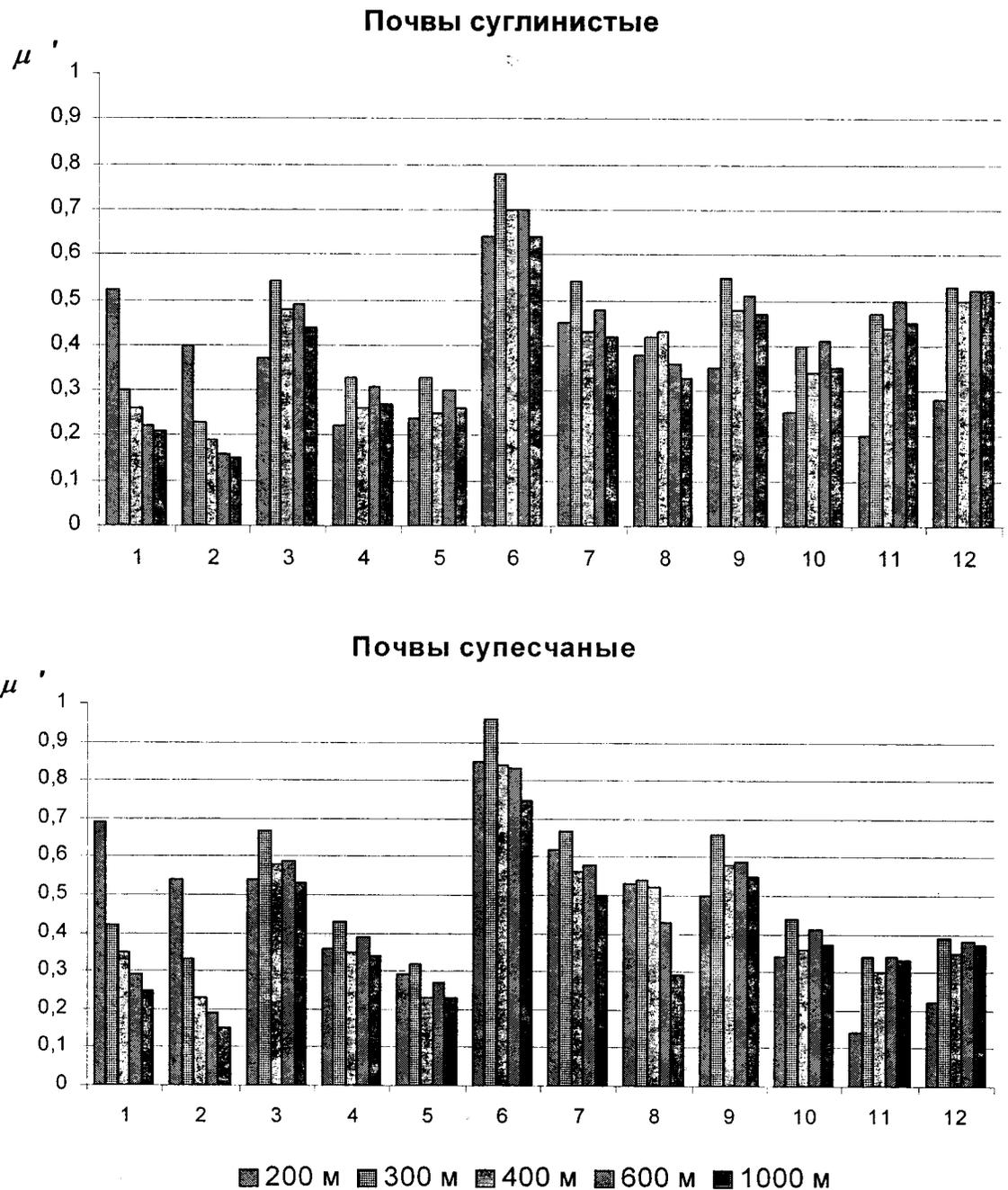


Рис. 1. Совмещенное дерево целей и критериев повышения эффективности производства сельскохозяйственных культур.

$\Phi_{ТС}$ ,  $\Phi_{ТМ}$ ,  $\Phi_o$ ,  $\Phi_{об}$  - коэффициенты полезного использования технических средств, технологических материалов, основных и оборотных фондов;  $P_{УМ}$ ,  $P_e$ ,  $P_H$  - уровень утилизации отходов, использования возобновляемых и невозобновляемых источников энергии;  $\eta_e$  - энергетический к.п.д. агрегатов;  $\tau_{СМ}$ ,  $\tau_{СВ}$  - коэффициенты использования времени смены и своевременности работ;  $T_C$  - срок службы технических средств, лет;  $T_\Phi$  - годовая загрузка техники, ч;  $У_M$  - уровень механизации, %;  $З$  - затраты труда, ч;  $P_{П}$  - давление ходовых систем МТА на почву;  $P_{ВМ}$  - уровень восстановительных мероприятий;  $P_{НО}$  - уровень нейтрализации отходов;  $\alpha_o$  - показатель вредного действия отходов;  $P_{ПМ}$  - уровень почвозащитных мероприятий;  $\Psi_M$ ,  $\Psi_e$ ,  $\Psi_P$  - показатели полноты использования материалов, энергии и ресурсов;  $P_B$ ,  $P_T$ ,  $P_D$  - уровень использования времени, трудовых ресурсов и денежных средств;  $\alpha_C$ ,  $\alpha_P$  - показатели вредного действия на среду, на почву и среду;  $E_{ПР}$  - обобщающий показатель эффективности производства сельскохозяйственных культур.



1 - К-701+ППН-9-35; 2 - МТЗ-2522+ППН-9-35; 3 - МТЗ-1522+ПЛН-3-35;  
 4 - МТЗ-1522+ПЛН-4-35; 5 - МТЗ-1522+ПЛН-5-35; 6 - Т-150К+ПЛН-3-35;  
 7 - Т-150К+ПЛН-4-35; 8 - Т-150К+ПЛН-5-35; 9 - МТЗ-1221+ПЛН-3-35;  
 10 - МТЗ-1221+ПЛН-4-35; 11 - МТЗ-80+ПЛН-3-35; 12 - МТЗ-80+ПОН-3-35

Рис. 3. Оценка пахотных агрегатов по интегральному критерию удаления от цели в зависимости от длины гона.

повышения эффективности производства сельскохозяйственных культур можно путем формирования такой системы машин, которая позволит повысить эффективность использования всех видов ресурсов  $\psi_p$ , снижая уровень вредных воздействий на почву и окружающую среду  $\mathfrak{R}_p$  за счет повышения:

уровня использования времени  $P_B$ , выраженного через коэффициент использования времени смены  $\tau_{CM}$  в сменной производительности МТА  $W_{CM}$ ;

показателя полноты использования материалов  $\psi_M$  за счет снижения эксплуатационной материалоемкости  $M$ , учтенной в коэффициенте полезного использования технических средств  $\varphi_{ТС}$ :

$$\varphi_{ТС} = \frac{1}{M};$$

показателя полноты использования энергии  $\psi_e$  за счет снижения расхода топлива  $\Theta$ , учтенного в показателе уровня использования невозобновляемых источников энергии  $P_n$ :

$$P_n = \frac{1}{\Theta};$$

уровня использования денежных средств  $P_D$  за счет снижения эксплуатационных затрат  $S$ , учтенных через коэффициент полезного использования основных  $\varphi_{ос}$  и оборотных  $\varphi_{об}$  фондов:

$$\varphi_{ос} + \varphi_{об} = \frac{1}{S};$$

уровня использования трудовых ресурсов  $P_T$  за счет снижения трудовых затрат  $z$ , а также снижения давления

ходовых систем на почву  $P_{II}$  за счет уменьшения индекса давления агрегатов на почву  $P_I$ .

Перечисленные критерии, кроме сменной производительности, минимизируются. Для удобства процедуры принятия решений вместо производительности целесообразно использовать показатель относительно числа нормо-смен:

$$N_{D_{омм}} = \frac{F}{W_{см} D_{омм}} = \frac{N_{см}}{D_{омм}},$$

где  $N_{см}$  - количество нормо-смен.

В связи с тем, что площадь участка  $F$  и оптимальное количество дней  $D_{омм}$  при выполнении технологической операции - величины постоянные, то критерий  $N_{D_{омм}}$  зависит только от производительности МТА  $W_{см}$ . Эта зависимость обратно пропорциональная и, следовательно, критерий,  $N_{D_{омм}}$  как и все остальные, подлежит минимизации.

Поскольку определение области эффективного использования тех или иных агрегатов экспериментальным путем требует больших затрат времени, труда и средств и не всегда возможно и экономически оправдано, то определение такой области желательно произвести расчетным путем, используя математическое моделирование, основанное на теории исследования операций и позволяющее описать все основные связи, характеризующие производственный процесс. С этой целью нами разработан алгоритм выбора рационального состава и режимов работы МТА (рис. 2), реализованный с помощью программных средств для ПЭВМ типа IBM PC AT/XT. Графический режим обеспечивается видеоадаптерами CGA, EGA, VGA стандартов. Таким образом, моделируя процесс обработки конкретных участков полей агрегатами на базе различных тракторов и

сельскохозяйственных машин по интегральному критерию относительного удаления от цели, выбираются рациональные варианты состава МТА и режимы их работы, позволяющие выполнить весь объем работ в агротехнически допустимые сроки при минимальных ресурсозатратах.

По данной методике нами был произведен выбор рационального состава и режима работы пахотных агрегатов при вспашке стерни зерновых на дерново-подзолистых почвах с удельным сопротивлением плуга 54...59 кПа с учетом изменения длины гона и соответствующего сочетания пахотных агрегатов на базе тракторов класса 5, 3, 2 и 1,4 по разработанному алгоритму (рис. 2). Расчеты произведены для пяти значений длины гона  $L_p$ : 200, 300, 400, 632 (средняя для РБ) и 1000 м. Исследованиями ученых установлено, что между размерами пахотных участков и длиной гонов существует тесная корреляционная связь, т.е. малым площадям участков соответствует малая длина гона и, наоборот, большим площадям участков соответствует большая. В связи с этим для комплексной оценки пахотных агрегатов приняты следующие значения площадей одного поля: 3,2; 7,2; 12,8; 28,8 и 80 га, соответствующие приведенным выше показателям длины гона.

Аналогичные оценки пахотных агрегатов произведены для почв с удельным сопротивлением плуга 42...47 кПа. Результаты выбора рациональных агрегатов и режимов работы на различных типах почв в зависимости от длины гона приведены на рис. 3. Расчеты произведены на ПЭВМ по разработанной программе.

Анализируя данные расчетов, следует отметить, что при длине гона до 200 м оптимальным по интегральному критерию удаления от цели является агрегат МТЗ-80+ПНН-3-35 (0,20), при этом на супесчаных почвах обобщенный показатель улучшается на 30% (0,14). При увеличении длины гона более эффективен агрегат МТЗ-2522+ПНН-9-35, обобщенный показатель

второго, начиная с длины гона 100...300 м, улучшается на 35% на супесчаных почвах и на 55% на супесчаных почвах и достигает своего наилучшего значения при длине гона 1000 м (9,15).

Повышение производительности и снижение расхода топлива пахотных агрегатов вызвано снижением тягового сопротивления МТА, увеличением рабочей скорости движения, коэффициента использования времени смены и коэффициента загрузки двигателя по мощности. Это ведет к улучшению оцениваемых показателей и, как следствие, снижению показателей идеального варианта, что в свою очередь влечет за собой изменение ранжирования пахотных агрегатов (рис. 3).

Сравнение расчетных данных с результатами экспериментов для одних и тех же природно-производственных условий показывает их достаточно хорошую сходимость. Для всей области варьирования факторов доверительные интервалы включают

теоретические показатели, а максимальное расхождение расчетных и опытных данных не превышает 10%, что вполне достаточно для инженерных расчетов [4].

### ВЫВОДЫ

1. Разработанный алгоритм и программа расчета на ПЭВМ положены нами в основу выбора рационального состава и режимов работы МТА в природно-производственных условиях Республики Беларусь и конкретных условиях хозяйств.

2. Разработанная методика выбора рационального состава и режимов работы МТА и полученные критериальные математические модели могут быть использованы при разработке новых технических средств, проектировании материально-технической базы и производственных процессов, плани-

ровании использования технического и трудового потенциала хозяйств, организации и нормировании работ, управлении производственными процессами в сельскохозяйственном производстве.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Нагірний Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень.- Київ.: Урожай, 1994.

2. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем.- М.: Советское радио, 1973.

3. Дедков В.К., Северцев Н.А. Основные вопросы эксплуатации сложных систем: Учеб. пособие для вузов.- М.: Высш.школа, 1976.

4. Обосновать структуру машинно-тракторного парка, характер и объем выполняемых работ в Барановичской машинно-технологической станции: Отчет о НИР / Ин-т управления АПК; Рук. Г.Ф. Добыш.- № ГР 20003507.- Минск, 2000.

## СОСТОЯЛСЯ НАУЧНЫЙ ФОРУМ

*По инициативе факультета технического сервиса в АПК 6-8 апреля нынешнего года в Белорусском государственном аграрном техническом университете прошла Международная научно-техническая конференция на тему «Опыт, проблемы и перспективы развития технического сервиса сельскохозяйственной техники», посвященная 50-летию БГАТУ. В ее работе активное участие приняли как ученые из Беларуси, так и России, Украины, Молдовы,*



Словакии, Польши и других стран ближнего и дальнего зарубежья, всего 109 человек. Представлено 123 доклада.

С вступительным словом перед участниками конференции выступил ректор БГАТУ доктор сельскохозяйственных наук, профессор Н.В. Казаровец. С докладом «Жизненный путь и творческое наследие первого ректора БИМСХ (БГАТУ) профессора В.П. Суслова» - декан факультета технического сервиса в АПК кандидат технических наук, доцент В.П. Миклуш. С докладом «Опыт, проблемы и перспективы развития агросервиса в АПК Республики Беларусь» выступил генеральный директор РО «Белагросервис» кандидат экономических наук В.Г. Самосюк.

Пленарное заседание состоялось под председательством первого проректора БГАТУ доктора технических наук, профессора И.Н. Шило. В его ходе были заслушаны доклады «Приоритетные направления развития и совершенствования системы технического сервиса в АПК Республики Беларусь» (В.П. Миклуш, И.Н. Шило, БГАТУ), «Техническое перевооружение АПК Республики Беларусь и задачи развития сервиса сельскохозяйственных машин и оборудования» (В.Н. Дашков РУНИП ИМСХ НАНБ, г. Минск), «Проблемы и перспективы дилерской системы технического сервиса в АПК Российской

Федерации» (В.В. Варнаков, УлГ-СХА, г. Ульяновск), «Перспективы применения газотермических покрытий и порошковых материалов в машиностроительном и ремонтно-обслуживающем производстве» (П.А. Витязь, В.С. Ивашко (НАНБ, БГАТУ). Работа конференции проходила в 4 секциях. Секция №1 – «Техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники». Председательствующий - кандидат технических наук, доцент В.П. Миклуш. Секция №2, работу которой возглавил доктор технических наук, профессор И.Н. Шило, рассматривала вопросы проектирования, производства и рационального использования сельскохозяйственной техники. «Современные технологии упрочнения и восстановления деталей машин» - секция №3. Председатель - доктор технических наук, профессор В.С. Ивашко. Четвертая секция «Инновационные образовательные технологии в подготовке инженерных кадров для технического сервиса в АПК», работала под руководством кандидата педагогических наук, доцента О.В. Ярошевич. Ученые обсудили современные подходы в развитии технического сервиса

сельскохозяйственного производства, проблемы, перспективы использования новых технологий. Участниками научно-практической конференции разработаны рекомендации по совершенствованию системы технического сервиса в Республике Беларусь. Лучшие доклады отмечены грамотами. В их числе – «Экспресс-метод оценки качества отремонтированных объектов» (А.В. Егоров, ЧГАУ, Россия); «Организационные схемы формирования рынка поддержанной техники» (А.А. Науменко, ХГТУСХ, Украина); «Перспективы использования пористых полимеров для очистки нефтепродуктов и регенерации отработанных масел при эксплуатации машинно-тракторного парка» (Е.А. Улюлюкина, МГАУ, Россия); «Технологические и экономические аспекты оказания услуг по проведению государственного технического осмотра» (А.В. Королев, БГАТУ); «Повышение ресурса работы деталей энергонасыщенных тракторов методом электродуговой металлизации» (В.С. Ивашко, БГАТУ). Материалы научного форума готовятся к изданию.

Участники и гости конференции посетили РУП «МАЗ», РУП «МТЗ» и РО «Белагросервис».

**Редакция журнала «Агропанорама».**