

79448

МЕТОДИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ
РАЗРАБОТКИ ЗОНАЛЬНЫХ
СИСТЕМ МАШИН
ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ
РАСТЕНИЕВОДСТВА



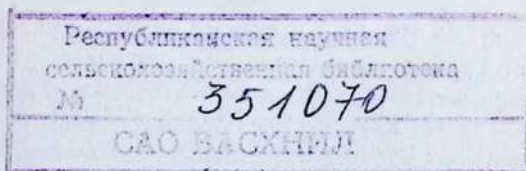
631.171
М 54

79448
М
651.141:635/635 (06)
Российская академия сельскохозяйственных наук

Всероссийский ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский и проектно-технологический институт
механизации и электрификации сельского хозяйства (ВНИИТИЭСХ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
РАЗРАБОТКИ ЗОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ МАШИН ДЛЯ
МЕХАНИЗАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Сборник научных трудов



Зерноград
1992

Печатается по решению Всероссийского совещания по обоснованию и разработке зональных систем машин для комплексной механизации и автоматизации растениеводства

Ответственные редакторы:

академик Российской академии сельскохозяйственных наук Кормановский Л.П., доктор технических наук профессор Липкович Э.И.

УДК 631.171.001.5.

Методические основы разработки зональных систем машин для механизации растениеводства. — Сборник научных трудов. — Зерноград: ВНИИТИМСХ, 1992. — 188 с.

В сборнике помещены доклады ведущих специалистов нашей страны в области обоснования и разработки зональных систем машин, представляющие собой современную методическую платформу решения этой важнейшей народнохозяйственной проблемы.

Материалы сборника представляют интерес для научных работников, конструкторов, проектировщиков, а также могут быть использованы в работе преподавателей, аспирантов, студентов сельскохозяйственных вузов, руководителей сельскохозяйственных производств.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время происходят стремительные изменения в организационно-экономической структуре сельскохозяйственного производства. Принимаемые органами власти России решения о переходе к товарно-денежным отношениям приведут к повсеместному возникновению кооперативов, арендных коллективов, а которые преобразуется часть колхозов и совхозов, кооперативов собственников, акционерных сельхозпредприятий, отдельных фермерских и частных крестьянских хозяйств, в том числе с применением наемной силы. При этом размеры земельных площадей в многоукладной сельской экономике будут самые различные — от нескольких десятков до тысяч гектар существующих ныне хозяйств.

Отечественная система производства средств механизации, интенсивно развивавшаяся особенно с первых пятилеток, сложилась в мощный народнохозяйственный комплекс, обслуживающий крупные государственные сельхозпредприятия (колхозы, фактически тоже государственные предприятия). Все выпускаемые сельхозмашины и технологические комплексы предназначены для этих производств. Соответствующим образом формировалась и ныне действующая в АПК система машин для комплексной механизации растениеводства и животноводства. За десятилетия производства системы машин земледельческая механика и механизация сельскохозяйственного производства выработали определенные принципы, постулаты и концепции, по которым исследуются, разрабатываются, производятся и распределяются средства механизации. Для реализации этих научных предложений, в общем удовлетворительно работавших до последнего времени, созданы гигантские заводы тракторного и сельскохозяйственного машиностроения, которые, однако, подвергаются нарастающей критике со стороны работников сельского хозяйства. Эта критика в известной мере порождается не только низким качеством выпускаемой техники, но и постоянным недопроизводством номенклатуры машин. А номенклатура эта: ограниченная: только для комплексной механизации растениеводства в различных зонах страны предусмотрено действующей системой машин около 3,6 тыс. наименований. Исповедуя системный подход в обосновании технологических комплексов, следует подчеркнуть, что такая номенклатура отражает многообразие почвенно-климатических условий производства сельскохозяйственной продукции. Однако даже отечествен-

нов сельхозмашиностроение, грандиозное по своим масштабам и объемам производства, не в состоянии реализовать наборы машин полностью.

В условиях образования широчайшего спектра типоразмеров хозяйств, разнообразия их организационно-экономических форм и стремлений каждого хозяина иметь адекватные средства механизации большей частью в своей собственности, потребуется значительное количество новых машин и новых энергетических средств непроводящихся ранее классов. Сохранение тех же принципов обоснования технологических комплексов и систем машин для новых хозяйств и форм организации механизированных работ с системным специализированным обслуживанием приведет к номенклатуре машин, быть может, на порядок большей размерности с резким сокращением объемов производства каждого наименования. Выпуск этих машин даже без учета полноты их типоразмерного состава при малых сериях вызовет большие затруднения, ибо наши заводы, как правило средние и крупные, приспособлены для крупносерийного и массового производства.

Таким образом, возникает острая потребность развития новых подходов и концепций в обосновании перспективных систем машин для механизации производственных процессов в новых хозяйственных условиях.

Можно сформулировать определенные принципы построения средств механизации, которые будут одновременно отвечать и многообразию организационно-экономических условий, и структуре типоразмеров "субъектов" сельскохозяйственного производства и, наконец, сложившимся свойствам отечественного сельхозмашиностроительного комплекса.

Прежде всего, сюда относится принцип унификации механизированных технологий. Сущность принципа состоит в том, что механизированные способы выполнения родственных процессов или операций разделяются определенным образом на такие операции или их элементы, которые представляются одинаковыми для родственных технологий. Для этих операций (элементов) могут быть подобраны (разработаны) один и те же рабочие органы, которые затем синтезируются в машины и агрегаты таким образом, что последние могут выполнять различные технологические процессы. Таким образом может быть сокращена номенклатура машин и увеличена их годовая загрузка.

Второй способ синтеза многообразия средств механизации, в том числе энергосредств, видится в блочно-модульном исполнении. В этом случае однотипные агрегаты различных типоразмеров синтезируются из разного количества одинаковых блоков. При этом в качестве блоков могут выступать не только группы рабочих органов (например, сошниковые группы, секции рабочих органов культиваторов, зубовых или дисковых борон и т.п.), но и отдельные узлы и целые изделия: двигатели, кабины, ведущие и управляемые мосты самоходных машин, сервомеханизмы, блоки автоматизированных систем и т.п. Из этих блоков, выпускаемых крупносерийным или массовым производством на крупных предприятиях сельхозмашиностроения, можно синтезировать единичные модули целевого назначения, машины и агрегаты разных классов и типоразмеров, производя их мелкими сериями в зонах непосредственного применения. Аналогичным образом следует осуществлять разработку унифицированных рабочих органов, приспособленных к работе в условиях конкретных зон.

В виду существенного сокращения численности работников в условиях приватизации возникает потребность в существенном повышении производительности труда. Это требование выступает теперь как непереносимое условие обеспечения эффективной работы на собственной или арендуемой земле. Рациональный путь здесь — сокращение количества операций, например, путем их концентрации. Отсюда третий способ целесообразного синтеза новой техники — разработка многооперационных рабочих органов, создание многооперационных машин и агрегатов.

Интенсификация труда в условиях необезличенных форм хозяйствования может быть достигнута, в частности, широкой автоматизацией технологических процессов на базе электронизации и компьютеризации. При этом автоматизация должна представлять собой не самостоятельные системы, как-то "приделанные" к уже готовым сельхозмашинам, а органически сочетающиеся с ними, по существу, рабочими органами специального назначения, проектируемыми одновременно с технологическими узлами машин и агрегатов. Представляется целесообразным использовать для такой разработки возможности конверсии оборонно-космического комплекса страны.

Приватизация в сельскохозяйственном производстве выдвигает со стороны новых, реальных хозяев а также местных органов

власти, более жесткие требования к экологическим свойствам новой техники. Отсюда широкий интерес к разработке и внедрению экологически безопасных технологических процессов и производства на базе применения электромагнитных полей высоких и сверхвысоких частот (например, для сушки зерна, сена и других сельскохозяйственных материалов, их обеззараживания и т.п.), ветровой и солнечной энергии, создание рабочих органов и двигателей, имеющих щадящее воздействие на обрабатываемые материалы и почву, не приводящих к загрязнению окружающей среды.

В условиях резкого увеличения потребности в синтезе новых машин и агрегатов необходимо широкое внедрение в производство методов автоматизированного проектирования, синтеза технологических комплексов и систем машин. Для этой цели требуется разработка новой, высокого уровня методики обоснования систем машин с соответствующими алгоритмно-программным комплексом.

Настоящий сборник, в котором содержатся доклады ведущих специалистов нашей страны в области обоснования и разработки основных систем машин, представляет собой, по существу, современную методическую платформу решения этой важнейшей народнохозяйственной проблемы.

Нам представляется, что предлагаемый сборник внесет значительный вклад в решение поставленной проблемы.

Академики Российской академии
сельскохозяйственных наук
Л.П. Кормановский

О КОНЦЕПЦИЯХ НАУЧНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕХАНИЗАЦИИ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ПРЕДСТОЯЩИЕ ПЯТЬ ЛЕТ И НА ПЕРИОД ДО 2000 ГОДА

Отличительная особенность современного и предстоящего периода состоит в нарождающейся многоукладности экономики и переходе к рыночным отношениям. Но мы еще не вполне осознали, какие невероятные трудности ожидают нас на этом пути. При либерализации цены могут возрасти многократно, что потребует адекватного повышения заработной платы. А откуда ее взять? Выход только один — в повышении производительности труда. Одним из стимулов к этому мы объявляем частную собственность и предпринимательство, рассчитанные на личную инициативу, большую заинтересованность и активность человека. Но человеческие возможности, как мы знаем, не безграничны. Решающим фактором остается ускорение научно-технического прогресса. В этих условиях по-новому должны ставиться и решаться проблемы сельскохозяйственной науки, в том числе и инженерной. Под этим углом зрения предстоит рассматривать многие проблемы на предстоящую перспективу до 1995–2000 годов: определять задачи инженерной науки, пути организации исследований и виды готовой научной продукции, поскольку в рыночных отношениях она становится товаром. Таким товаром, который должен обеспечить в производстве прибавочную стоимость. И ее надо пропорционально разделить между производителем и наукой, т.к. тот и другой должны иметь средства для расширенного воспроизводства. Особый отпечаток накладывает многоукладность экономики.

Как известно, раньше наша наука определяла и искала оптимальные варианты средств механизации и автоматизации для крупных хозяйств, больших ферм и комплексов. Сегодня, с учетом многоукладности, созданием фермерских и крестьянских хозяйств различных по своим размерам и условиям работы, очевидно, наши рекомендации и разработки должны быть многовариантными и альтернативными, как принято сейчас выражаться — пригодными для любых по

масштабам хозяйств и форм собственности.

И в тоже время есть и общие черты, и общие проблемы, которые одинаково или адекватно подходят для любых хозяйств.

От уровня и темпов механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства в решающей степени зависит ускорение научно-технического прогресса как в крупных, так и в мелких хозяйствах и в целом в отрасли, а следовательно, зависят их интенсификация и эффективность.

На современном этапе, а в предстоящий период в связи с ростом стоимости техники, стоимости рабочей силы и постоянном сокращении числа механизаторов, еще больше возрастут требования к производительности вновь создаваемых машин. Если раньше ставилась задача механизировать ручной труд, то сегодня, продолжая решать и эту важнейшую социальную проблему, с особой остротой встает необходимость резкого повышения производительности машинной техники, что позволит не только обойтись меньшим числом механизаторов и операторов, или справляться с работами фермеру, но и укладываться в оптимальные сроки выполнения работ, выполнять их качественно и на этой основе поднимать урожайность полей и продуктивность животных.

Одним из главных новых направлений в предстоящий период станет автоматизация машин и технологических процессов на базе электроники. Применение бортовых компьютеров, АСУ ТП на фермах и других автоматических устройств позволит не только без участия человека выполнять технологический процесс, вести контроль за ходом и параметрами технологических операций, но и осуществлять автоматическое регулирование или поддержание их параметров в заданных пределах.

В последнее время наряду с электрификацией сельского хозяйства постоянно возрастает роль и применение электрофизических процессов и методов в производстве и переработке продукции сельского хозяйства, а также воздействий их на живые организмы и растения в целях стимуляции их роста и развития или борьбы с сорняками и вредителями.

Важнейшей особенностью стало решение инженерных аспектов в охране окружающей среды и экологии, то есть создание техники и режимов ее работы, безопасных для окружающей среды и создания

специальных технических средств для поддержания равновесия в природе в условиях индустриализации сельскохозяйственного производства. И конечно, одна из главных проблем – механизация крестьянских, фермерских хозяйств.

Эти и другие направления должны стать предметом постоянного рассмотрения как с точки зрения состояния организации исследований, так и внедрения их результатов в практику сейчас и в перспективе.

Кроме этого, в связи с тем, что в последнее время в стране практически не действует плановая система, по многим направлениям не ведется и перспективное планирование, очевидно, этот пробел должна восполнить наука, особенно в вопросах механизации.

С учетом анализа нынешнего состояния механизации и автоматизации сельского хозяйства в стране, потребностей общества, мировых достижений в этом направлении необходимо разработать прогноз и концепции развития механизации и исследований на ближайшую перспективу с тем, чтобы были четкие ориентиры, к достижению которых необходимо стремиться. Такие ориентиры по уровню механизации, направлениям исследований отработаны специально созданными комиссиями ученых и производственников, обсуждены и одобрены на научной сессии Россельхозакадемии в г.Новосибирске.

Характеризуя современное состояние механизации сельского хозяйства республики, следует отметить, что энергетические мощности, составляющие основу механизации, выросли за последние пять лет на 7% и составляют сегодня 378 млн.л.с., энерговооруженность одного работающего возросла с 36 до 49 л.с. В настоящее время полностью механизированы основная и предпосевная обработка почвы, уборка зерновых и кормовых культур, близки к завершению механизация уборки льна, сахарной свеклы. Комплексная механизация процессов в птицеводстве достигла 92%, в молочном животноводстве – 83, в свиноводстве – 76, на фермах крупного рогатого скота – 68%.

Практически решены вопросы механизации водоснабжения, удаления навоза из помещений, механизация доения коров достигла – 96%, т.е. почти завершена. Производительность труда в сельском хозяйстве в среднем за год за последние пять лет возросла по сравнению с предыдущими на 28%. При этом численность работников, занятых в сельскохозяйственном производстве, за пять лет умень-

силась с 10 до 9 млн. человек, то есть сократилась на 10%.

Проведенный анализ и построенные кривые позволяют спрогнозировать развитие этих показателей на перспективу до 1995-2000 годов (рис. 1). При этом энергетические мощности при благоприятных условиях могут возрасти до 504 и 593 млн. л.с., а энергонаоруженность до 55-60 л.с.

Осуществление этого прогноза в значительной степени зависит от технического уровня новых разработок, их освоения, организации производства машин в полном комплекте и по потребности.

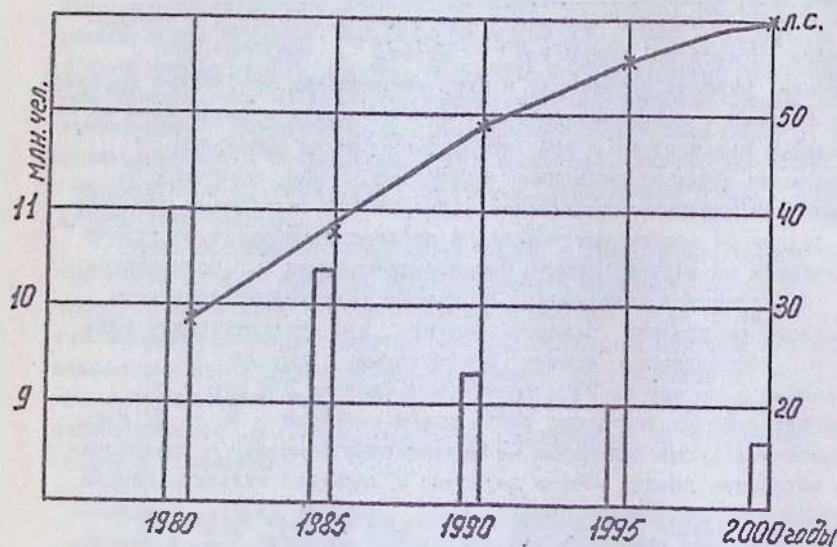


Рис. 1. Число занятых в сельском хозяйстве — — и их энергонаоруженность X—X—X

Научными учреждениями инженерного профиля Россельхозакадемии за пять лет разработано 390 наименований новых машин и оборудования. За этот период машины 150 наименований прошли государственные испытания, из них 67 рекомендованы к серийному производству.

Кроме того, в XII пятилетке институтами механизации и электрификации разработано 434 исходных требования на новые машины

и оборудование, 260 проектов механизированных технологий. Более половины технических решений при создании новой техники защищены авторскими свидетельствами.

Как видно из приведенных данных, учеными проделана определенная работа. Однако темпы внедрения новых разработок в производство надо признать недостаточными. Здесь многое зависит от промышленных министерств, не желающих заниматься освоением новой продукции, и от технического уровня разработок. Этот уровень явно низок. А все вместе взятое прямо отражается на производстве.

Анализ показывает, что за последние два-три года процесс роста механизации сельского хозяйства не только остановился, а по отдельным направлениям пошел вспять, то есть то, что было сделано, начало разрушаться.

Так, уровень комплексной механизации помещений для крупного рогатого скота упал с 70% в 1989 году до 68% в 1990 году, на молочных фермах — с 84 до 83%, а уровень механизации уборки картофеля — с 56 до 43 или на 13 процентов.

Одной из причин такого удручающего положения является резкое снижение поставок техники селу.

В 1990 году по отношению к 1985 году снизились поставки в республику картофелеуборочных комбайнов на 24%, плугов и сеялок на 23-42%, косилок тракторных и пресс-подборщиков — почти наполовину, доильных установок — на одну треть (таблица 1). Особо острое положение складывается с зерноуборочной техникой. Оптимальные сроки уборки зерновых культур составляют 10-12 дней, реально они длятся во многих хозяйствах 1-1,5 месяца. Нагрузка на комбайн должна составлять 60-100 гектаров зерновых посевов, фактически она в полтора раза больше, а в последние годы во многих хозяйствах возросла до 230-430 гектаров. Потери выращенного урожая из-за длительности уборки достигли 12-15 млн. тонн. За последние годы поставки комбайнов сократились на 40%, а стоимость их возросла в несколько раз.

Таким образом, весь урожай, убранный новым комбайном за сезон, надо отдать на покупку этого комбайна, а в Нечерноземной зоне — весь урожай, убранный за два сезона.

В связи с этим, хозяйства вынуждены резко сократить их приобретение. Парк зерноуборочных комбайнов сократился на 20% (табл. 2).

Таблица I

Поставки техники сельскохозяйственным
предприятиям России (тыс.шт.) по годам

Техника	1980	1985	1989	1990	1990 в % к 1985	1995	1995 в % к 1990	2000	2000 в % к 1995
Плуги тракторные	103	109	88	84	77	128,6	153	147,8	115
Сеялки тракторные	119	131	75	77	58	135,0	175	156,0	115
Комбайны зерноуборочные	75	70	39	42	60	70,0	167	81,0	116
Комбайны картофелеуборочные	6,4	5,2	2,9	4,0	76	5,0	125	6,0	120
Носилки тракторные	43	44	35	22	50	49,0	222	56,0	114
Пресс-подборщики	18	22	13	10	45	22,0	220	25,3	115
Доильные установки	37	42	35	30	70	47,4	158	54,5	115

Таблица 2

Состав парка тракторов, комбайнов и
грузовых автомобилей в сельском хо-
зяйстве России по годам

Машины	1980	1985	1990	1990 в % к 1985	1995	1995 в % к 1990	2000	2000 в % к 1995
Тракторы, тыс.шт.	1324	1426	1365	95	1502,6	110	1707,5	114
на 1000 га пашни	10,1	10,9	10,6	-	11,6	109	13,3	114
Комбайны зерноуборочные, тыс.шт.	448	510	408	80	515	126	590	115
на 1000 га посевов зерновых	6	7,6	6,6	-	7,9	120	9,2	116
Автомобили грузовые, тыс.шт.	801	926	782	84	972	124	1172	121

Все вместе взятое, сразу же отразилось на затратах труда на основные виды продукции. Они выросли (табл. 3) при производстве одного центнера овощей, говядины, молока на 2-3, привеса свиней - на 11, картофеля - 29%. Наше отставание от развитых стран по этим показателям еще больше увеличилось. Так, по затратам труда на производство одного центнера свинины мы стали отставать от США в 30 раз, мяса КРС - в 18 и молока - в 15 раз. Не изменились затраты труда только в производстве продукции птицеводства.

Какие же выводы и концепции вытекают из анализа сложившегося положения?

Резкое сокращение поставок техники сразу возникло в результате разрушенных экономических связей со странами бывшими членами СЭВ и между бывшими союзными республиками. Большинство заводов сельскохозяйственного и конструкторских бюро оказалось за пределами России (доильные установки, холодильное оборудование, кормоуборочные комбайны, кормоприготовительная, навозоуборочная техника и многое другое).

Кроме этого, сельское хозяйство России страдает не только от недостатка техники, но и от того, что она не соответствует конкретным почвенно-климатическим условиям и обладает низкой надежностью (в 9-10 раз меньшей, чем у зарубежных аналогов). Поэтому сельскохозяйственная техника должна быть преимущественно зональной и с более высокой надежностью. Чтобы найти выход из такого положения, очевидно, надо развивать сельскохозяйственное машиностроение в своей республике, но не повторять старые ошибки.

Видимо, это не должны быть заводы-гиганты (один на всю страну), а относительно небольшие предприятия, расположенные в определенных зонах. Такое предприятие сможет оперативнее переходить с одного на другой вид продукции, необходимый зоне. Но самый значительный, а поэтому особо важный этап работы - это разработка зональных систем машин. Для зональных институтов механизации, да и технологических институтов в области растениеводства и животноводства, эта работа имеет концептуальное значение на предстоящий период.

В прошлой пятилетке по научно обоснованным предложениям научных учреждений Россельхозакадемии 400 разработок включены в общую систему машин для комплексной механизации сельскохозяй-

Таблица 3

Прямые затраты труда на производство основных продуктов сельского хозяйства в колхозах и совхозах России (чел.-ч/ц) по годам

Основные продукты	1975	1980	1985	1988	1989	1990	1990	1995	1995	2000	2000
							в % к 1989	в % к 1990	в % к 1990	в % к 1995	в % к 1995
Зерно (без кукурузы)	1,6	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	100	0,7	70	0,4	57
Сахарная свекла	1,5	1,4	0,9	0,8	0,7	0,7	100	0,50	71	0,3	60
Овощи	5,4	4,7	4,1	3,9	3,7	3,8	103	2,6	68	1,9	73
Картофель		3,5	2,4	2,4	2,1	2,7	129	2,0	74	1,4	70
Привес КРС	50	40,9	41,9	36	36	37	103	24,0	70	15,0	58
Привес свиней	30	30,0	25,0	19	19	21	111	15,0	71	6,0	40
Молоко	9,4	8,8	7,4	6,5	6,3	6,4	102	5,0	62	3,2	50

ственного производства на 1991-2000 годы. Однако общая система машин, являясь достижением научно-технической мысли, сегодня требует переосмысления. Она не всегда в состоянии учесть и охватить все условия отдельных зон с их природно-климатическими особенностями и специализацией. Кроме этого, стремление для механизации отдельной операции сделать свою машину сделало систему слишком неподъемной, около 3,5 тысяч наименований машин. Если их все произвести, то в стране может не хватить всего выплавленного металла. Поэтому нам сегодня и в перспективе нужны зональные системы машин, точно отражающие потребности зон, их специфику. Они должны стать основой и содержанием зонального машиностроения. В связи с этим институт Академии предстоит отработать шесть зональных систем: дальневосточную, сибирскую, нечерноземную, южную, поволжскую и уральскую.

Какие особенности и направления должны быть учтены при разработке систем, исходя из накопленного опыта, научных разработок, многообразия форм хозяйствования и нарождающихся рыночных отношений? В первую очередь необходима универсализация системы машин и сокращение ее номенклатуры. Сегодня машинные дворы хозяйств заполнены огромным количеством техники и все-таки нужных машин не хватает. В создании комплексов универсальных машин у нас уже есть положительные примеры.

Так, в разработанном ВНИИТИМЭСХ (г.Зерноград) технологическом комплексе для возделывания зерновых колосовых в южной зоне количество наименований машин снижено с 55 до 24 или более чем в два раза. Это позволяет примерно в таких же размерах снизить затраты средств на технику, что в современных условиях и в предстоящий период имеет существенное значение.

Дальнейшее развитие должен получить блочно-модульный принцип разработки новой техники. Это позволит резко повысить производительность машинно-тракторных агрегатов.

Заслуживает особого внимания увеличение ширины захвата посевных и почвообрабатывающих машин, особенно при возделывании пропашных культур. Группой ученых ВНИИТИМЭСХ разработан 8-24-рядный комплекс машин для возделывания кукурузы с использованием гусеничного трактора, что позволяет в 1,5-2 раза повысить производительность агрегатов, во столько же раз снизить потребность в энергетических средствах и в кадрах механизаторов.

Большую перспективу в сокращении номенклатуры машин и снижении их стоимости имеют научные разработки СибИМЭ, ДальНИПТИ-МЭСХ. Здесь для зональных почвообрабатывающих машин разрабатываются комплекты сменных рабочих органов. Имея одну унифицированную раму и меняя комплекты рабочих органов, можно производить и сплошную, и междурядную обработку почвы с учетом ее физического состояния. Несущие рамы таких машин можно изготавливать в самом хозяйстве, а комплекты рабочих органов – на небольшом специализированном зональном заводе.

Сегодня значительно влияет на экономику хозяйств применение самоходных, мобильных машин, зерноуборочных, силосоуборочных, свеклоуборочных комбайнов, самоходных косилок-плющилок и т.д. Кратковременное сезонное их использование приводит к омертвлению двигателей, металла в остальное время года. Иногда срок службы их сокращается не от работы, а от длительного простоя при хранении.

Настала пора поставить перед наукой как концептуальную задачу разработать мобильные средства со сменными уборочными агрегатами, а для отдельных зон и фермерских хозяйств – прицепных безмоторных комбайнов. Это касается и селекционной уборочной техники.

Требует серьезной универсализации и техника в животноводстве. Например, для раздачи одних и тех же сухих концентрированных кормов в птицеводстве-свои машины, в свиноводстве – другие, на фермах крупного рогатого скота и в молочном животноводстве – третьи и четвертые и по несколько марок.

Исключительно важной задачей для инженерной науки и в теоретическом, и в практическом плане является разработка новых интенсивных технологий и их оснащение новейшей техникой, позволяющей не только с величайшей точностью и качественно выполнять все требования технологии, но и укладываться во времени. Большинство операций в растениеводстве выполняется с большим опозданием, что резко снижает эффективность.

Чтобы соблюдалась комплексность технического оснащения всех процессов, недостающие технические средства должны войти в зональные системы машин, а следовательно, и в программы зонального машиностроения.

За период ближайших пяти лет инженерная наука во главе с

технологами сможет создать механизированные технологии выращивания всех сельскохозяйственных культур, производства животноводческой продукции, позволяющие в комплексе механизировать все операции и на этой основе поднять производительность труда.

Следует отметить большую работу, проводимую НПО "Дон" по разработке и внедрению интенсивных технологий. В хозяйствах Ростовской области прибавка урожая озимой пшеницы за счет этого в среднем за год и XI пятилетку составила 11,7, ярового ячменя – 9,8, гороха – 7,6 ц/га.

В Краснодарском крае практически все зерновые культуры возделываются по интенсивным технологиям, разработанным учеными НПО "Кубаньзерно", что на 20 центнеров увеличило урожайность. В 1981-1985 гг. В НПО "Подмосковье" разрабатывается безгербицидная интенсивная технология для Нечерноземной зоны. Учеными ДальНИСХ разработана индустриальная технология возделывания сои на грядах, позволяющая стабильно получать урожай семян на уровне 20 ц/га.

В современных условиях, когда основная задача сельскохозяйственной науки состоит в научном обеспечении интенсивного производства продовольствия, необходимо резкое ускорение исследований по инженерным вопросам, разработке принципиально новых технологических средств для механизированных технологий с использованием современных достижений науки и техники; научное обоснование и разработка исходных требований на них и включение последних в систему машин.

Особо следует обратить внимание на отдельные наиболее важные направления исследований.

В области механизации растениеводства основной является зерновая проблема. Большие силы ученых сосредоточены на исследовании 2-х процессов: обработки почвы, посева и комбайновой уборки и, неоправданно мало – на послепосевной обработке зерна. Это явно является тормозом в решении проблемы. Материально-техническая база сушки, переработки и хранения зерна очень бедна. Одна треть хозяйств не имеет ни одной зерносушилки, еще одна треть имеет по одной сушилке, срок эксплуатации которых практически истек, а их поставки по сравнению с 1982 годом сократились в пять раз. Такое же положение практически сложилось с зерноочистительной техникой. По подсчетам специалистов, осенью 1990 года гибель влажного зерна в поле и на токах из-за нехватки оборудования и перенасыщенности

ряде других технических вопросов достигла 10 млн. тонн, более 15 млн. тонн зерна сдано государству дефектным, из них 5 млн. тонн потерявшими пищевую и кормовую ценность.

В ряде институтов есть неплохие разработки по созданию зернообрабатывающих комплексов, начаты работы по использованию гелиосушилок, применению токов СВЧ, электромагнитных сортировок, но этого далеко недостаточно для решения острой проблемы. Необходимо с участием инженерной науки по зонам:

- привести комбайновый парк к научно обоснованной структуре;
- разработать новые всепогодные технологии и средства уборки и транспортировки зерна в зонах избыточного увлажнения;
- создать всепогодные технические средства обработки вороха, очистки и хранения зерна в масштабах хозяйств, согласованные с темпами уборки;
- искать способы сохранения фуражного зерна непосредственно во влажном состоянии.

Не менее важным направлением является механизация возделывания картофеля, особенно его уборки, уровень которой уже многие годы никак не может перейти за половину.

Созданная уборочная техника может работать только в хорошую погоду, а она в осеннюю пору (в период уборки) бывает очень редкой. И если даже полностью насытить хозяйства такой техникой, это не решит проблему. Задача инженерной науки состоит в разработке принципиально новой всепогодной уборочной техники. В этой связи заслуживает внимания работа ДальНИПТИМСХ по созданию гусеничной картофелеуборочной машины, к которой надо создать и соответствующие сепарирующие устройства.

Представляет интерес разработка Институтом использования мелкоризованных земель (г. Тверь) грядково-ленточной технологии возделывания картофеля на переувлажненных землях, позволяющая и в дождливую погоду применить для уборки серийный картофелеуборочный комбайн.

Требует совершенствования техника послеуборочной переработки картофеля. Существующие средства сильно повреждают клубни. Интересные рабочие органы разработаны на Челябинской опытной станции. Следовательно бы объединить усилия механизаторов и технологов и ускорить завершение нового комплекта технических средств.

Наиболее отсталой, но не менее актуальной проблемой является

механизация овощеводства.

Уровень механизации работ в открытом грунте на уборке составляет лишь 20%. В защищенном грунте уровень механизации всех технологических процессов составляет только 15%. Отсюда все беда: и в хозяйствах, и в магазинах.

Из 185 технических средств, предусмотренных уточненной системой машин для овощеводства открытого и защищенного грунта, рекомендовано к постановке на производство 178, что составляет 96%, а производится (включая первую промышленную партию и закупки за рубежом) 50 наименований, что составляет 27% от общего количества.

В настоящее время из 21 технологического комплекса машин промышленность не производит ни одного законченного. Поэтому овощеводство остается исключительно трудоемкой отраслью. Вместе с этим в большом долгу остается и инженерная наука. Во-первых, технические средства требуют постоянного конструктивного обновления и модернизации, в соответствии с развитием технического уровня и тенденций сельскохозяйственного машиностроения и в овощеводстве.

Во-вторых, требуют совершенствования машинные технологии и технологические комплексы.

В ближайшие два-три года необходимо доработать и запустить в производство два новых технологических комплекса машин по производству овощей для специализированных и фермерских хозяйств с унифицированными параметрами: ширина колеи (1,8), форма поверхности (ровная, гряды, гребни) и схемы посева (14 наименований вместо 65). Для этого, не надеясь на большую промышленность, надо расширить базу экспериментальных конструкторских бюро и объединить усилия четырех институтов - НИО "Россия", НИО "Нечерноземное", картофелевого хозяйства и садоводства. Одновременно необходимо ускорить завершение строительства опытных заводов в НИО "Россия" и Институте садоводства. Это позволит организовать выпуск мелкосерийных специализированных машин, для завершения комплектации технологических комплексов.

В ряд приоритетных проблем следует отнести механизацию процессов кормопроизводства. Хозяйства России оснащены кормоуборочной техникой хуже и положение продолжает резко ухудшаться.

Планируемое увеличение объемов заготовки кормов в 1,2-1,3 раза, необходимость повышения их качества, острая потребность радикального улучшения ведения лугопастбищного хозяйства – все это требует безотлагательного оснащения сельского хозяйства прогрессивной кормоуборочной техникой.

Реальную концепцию обеспечения России кормоуборочной техникой можно свести к решению задач в двух направлениях. Первое – промышленности увеличить производство серийных машин, пользующихся неудовлетворенным спросом и поставить на производство машины, по которым уже закончены НИОКР и приняты решения о постановке их на производство. И второе направление – разработать зональные технологии заготовки сена, сенажа, силоса и зеленой массы, ускоряющие процессы уборки в 1,5-2 раза, а также принципиально новые машины, которые могут удовлетворить требованиям при различных формах хозяйствования и погодным условиям.

Приоритетные проблемы в механизации животноводства.

В настоящее время от 40 до 60% работ в животноводстве не механизированы. Около 70 млн. тонн молока переносят на себе доярки за год. Почти полмиллиона скотников днем и ночью заняты ручной чисткой скотомест. На ручной сортировке и укладке яиц на птицефабриках занято столько же людей, сколько в цехах основного производства яиц. Вместе с тем, расчеты показывают, что если к 1995 году довести поголовье коров, обслуживаемого высокопроизводительными доильными установками, до 75-80%, то число коров, обслуживаемых одной дояркой, возрастет с 24 до 35. За счет этого высвободится до 100 тыс. человек и ликвидируется дефицит в доярках. Производительность труда на молочных фермах повысится в 1,5 раза.

Научные исследования и опыт передовых хозяйств показывают, что повышение производительности труда в животноводстве в 1,8-2 раза может быть обеспечено за счет создания ферм с автоматизированным циклом производства на базе микропроцессорных средств и ЭВМ.

Одним из перспективных направлений автоматизации молочного животноводства является разработка и создание роботов для доения коров без участия человека. Такие работы, как известно, ведутся в Голландии, мы не в праве отставать и в предстоящий период необходимо развернуть их в наших институтах.

Исключительно новой и важной проблемой для инженерной науки

является разработка техники для крестьянских и фермерских хозяйств. В настоящее время завершается разработка системы машин. Организуется производство трактора К-20 и шлейфа машин к нему. С увеличением размеров таких хозяйств будет вполне применима и серийная техника.

В условиях многоукладности сельского хозяйства особо важной становится механизация малых ферм. На первом этапе они будут являться и основой фермерских хозяйств. Уровень комплексной механизации этих ферм в 2-3 раза ниже, чем на крупных. Система машин разрабатывается, но сегодня нужны уже конкретные машины и механизмы. Интенсифицировать труд фермера и арендатора за счет разработки и создания мобильных технических средств многоцелевого действия – актуальная задача. Учеными НИПТИМЭСХ НЗ РСФСР разработан энергомодуль МЭС-0,6 "Фермер" тягового класса 0,6. В комплект машин входят измельчители грубых кормов, корнеплодов, зерна и минеральных добавок; сушильник кукурузных початков, специальный набор средств и орудий для работы на прифермских участках. Предусмотрены также машины для ветсанобработки животных и помещений, энергетическое оборудование (генератор, сварочный аппарат, компрессор и др.).

В Липецком инженерном центре ВНИИХ разработан самоходный малогабаритный агрегат СМА-40, включающий модульное энергетическое средство мощностью 30 кВт, гидравлический погрузчик-манипулятор, бульдозерную навеску, кормораздатчик.

В ближайшие 1,5-2 года научные учреждения Россельхозакадемии должны обосновать типоразмерный ряд мобильных средств многоцелевого назначения с учетом зональных особенностей, разработать и освоить их производство малыми партиями.

Эффективность работ по механизации животноводства находится в прямой зависимости от степени механизации уборки, переработки и хранения навоза, надежности технических средств, занятых в этом технологическом процессе. Много лет эта проблема остается нерешенной. Президиум Россельхозакадемии в августе 1990 года рассмотрел состояние научных исследований и практическую реализацию разработок в данном направлении. Отмечено, что в системе навозоудаления до сих пор механизирована лишь уборка навоза только с площади, занимаемой навозоуборочным транспортом. Затраты на ручную очистку помещений (стойла, навозные прогоны, поперечные скотопогоны), внесение подстилки составляют более

одной трети в общих затратах труда. В связи с этим представляется перспективной разработка высоконадежных и долговечных технических средств, а также совершенствование мобильных и стационарных средств для очистки навозных проходов и стойл в комплексе с оптимизацией параметров стойл и стойлового оборудования.

Более действенных решений требует переработка навоза. Ежегодно выход навоза от имеющегося поголовья скота в республике составляет около 1 млрд. тонн. Однако, из-за отсутствия эффективных технологий и технических средств для его переработки в качестве органических удобрений используется не более 50% его ежегодно-го выхода. Ущерб от недоиспользования составляет около 900 млн. руб. В то же время каждая тонна навоза крупного рогатого скота, вывезенная на поля без соответствующей обработки, наносит ущерб природе не менее чем на 45 руб., а свиного — 100 руб. Поэтому решение проблемы уборки, хранения и переработки навоза должно стать одним из приоритетных направлений сельскохозяйственной науки на предстоящее десятилетие. Необходимо разработать и создать комплексы стационарных и мобильных машин, позволяющих в автоматическом режиме перекачивать с ферм любых размеров, перерабатывать и вносить навоз, исключая вредное воздействие на человека и окружающую среду.

Идет наиболее полного решения проблема приготовления полнорационных комбикормов и кормосмесей и раздача их с учетом индивидуального дозирования. На корм животных в России расходуется около 70 млн. тонн фуражного зерна и только половина его перерабатывается. Это ведет к снижению эффективности использования зерна и неоправданному перерасходу кормов. Основными направлениями в области интенсификации производства комбикормов в ближайшие годы должны стать обоснование и разработка унифицированного ряда автоматизированных комбикормовых цехов и предприятий производительностью от 2 до 16 т/ч на базе микропроцессорной и вычислительной техники, прогрессивных машинных технологий, обеспечивающих снижение расхода кормов на 10–15% и повышение продуктивности животных на 20% за счет их полнорационности. За 2–3 года необходимо создать и изготовить малыми партиями приборы для экспресс-анализа качества сырья, комбикорма и кормосмесей.

До-прежнему на фермах остро вопросы микроклимата. Современные системы не удовлетворяют требованиям содержания и защиты окру-

жающей среды от отходов животноводства, минимального расхода электроэнергии. Наши комплексы и птицефабрики по количеству вредных выбросов в атмосферу сопоставимы с крупными промышленными объектами.

В связи с этим первоочередной задачей по созданию микроклимата на объектах животноводства необходимо считать внедрение тепловых насосов, использующих дешевую тепловую энергию окружающей среды. Следует усилить научные и конструкторские работы по созданию дешевых биоэнергетических установок для переработки органических отходов. Должны получить широкое внедрение средства автоматизации и микропроцессорной техники с универсальной быстроперестраиваемой логикой, существенно большим количеством контролируемых и управляемых параметров.

При настойчивой реализации этих направлений и производстве и поставках необходимой техники уровни комплексной механизации помещений для крупного рогатого скота к 1995 году могут достигнуть 78, а к 2000 году — 98%, помещений для коров — соответственно 92 и 98%, свиней — 81 и 92% (рис. 2).

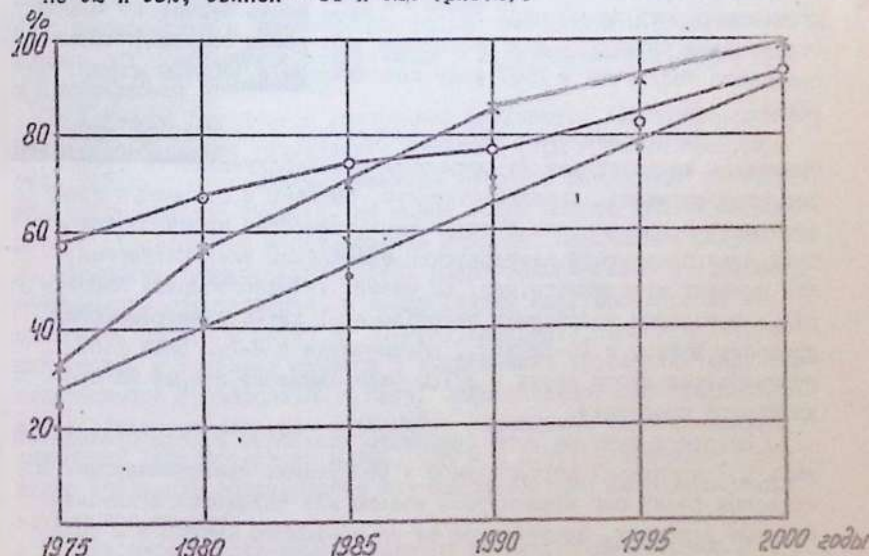


Рис. 2. Уровни комплексной механизации: помещений для КРС —•—•—; помещений для коров —x—x—; помещений для свиней —o—o—.

Электрификация сельского хозяйства.

Ускорение научно-технического прогресса на селе в значительной степени связано с применением электроэнергии в производстве и быту. В сравнении с мобильной энергетикой она позволяет применять экологически чистые технологии, обеспечить более комфортные условия труда и быта; это особенно важно для села, где в значительной мере применяется женский труд.

За последние десять лет применение электроэнергии на производственные нужды в республике удвоилось, или возросло с 33 до 67 млн. кВт-ч (за последние пять лет - лишь на 23%).

В настоящее время разработана научно-техническая программа "О развитии электрификации села на 1991-1995 годы". Проект программы включает 42 задания по фундаментальным и прикладным исследованиям. Предусматривается в 1995 году увеличение использования электроэнергии в сельском хозяйстве до 120 млрд. кВт-ч, или в 2 раза по сравнению с 1990 годом (в том числе на тепловые процессы в быту до 60 млрд. кВт-ч); потребность сельского хозяйства в электроэнергии для реализации программы электрификации сельского хозяйства к 2000 году оценивается в 140-150 млрд. кВт-ч.

Ускоренное развитие электроэнергетики с наибольшей эффективностью воздействует на повышение производительности труда, ресурсосбережение, производственную, бытовую и природную среду обитания. В большинстве стационарных процессов производства и быта села приемлемой альтернативы применению электроэнергии, как считают специалисты, нет. Во многих технологических процессах в передовых хозяйствах потребление 1 кВт-ч электроэнергии приносит эффект в 10-12 коп., обеспечивая в 2-2,5 раза рост производительности труда и в 1,5 раза снижение затрат на производство продукции.

Вместе с этим, на долю сельского хозяйства России приходится лишь 8,0 процентов потребляемой в республике электроэнергии. В сельских домах она применяется только для освещения и питания бытовых приборов. Потребление ее на сельского жителя в 2 раза ниже, чем в городе. Необходимо широким фронтом вести научные разработки по расширению использования электрической энергии в электротехнических и тепловых процессах с применением автоматизации и компьютеризации. Важнейшей задачей является разработка

способов, электрифицированных средств и электротехнологий, обеспечивающих непосредственное использование электрической энергии в технологических процессах. Это - электрообогрев и облучение с.-х. животных и растений в закрытом грунте; электрофизические методы обработки семян, почвы, уничтожение сорняков, обеззараживание помещений, хранилищ картофеля и фруктов и др. с.-х. культур; сушка с.-х. продукции с использованием ВЧ и СВЧ-энергии.

В ближайшие годы надо обеспечить завершение комплексной электромеханизации в животноводстве всех стационарных процессов, переход от автоматизации отдельных технологических процессов к автоматизированным линиям, цехам и предприятиям. Для этого необходимо осуществить разработку и производство новых видов электротехнического и электротеплового оборудования, создание на их основе высокоэффективных автоматизированных электротехнологий в животноводстве, земледелии, кормопроизводстве, хранении и переработке с.-х. продукции.

В области электрификации быта необходимо обеспечить каждый сельский дом современными видами инженерного оборудования для холодного и горячего водоснабжения, отопления, пищевого приготовления, переработки и хранения продукции, заготовки и переработки кормов, их дробления и запаривания в индивидуальных, подсобных и приусадебных хозяйствах.

Для этого требуется ускоренная разработка электрифицированной малогабаритной техники для семейных ферм и малых предприятий. Наряду с настойчивым решением вопросов расширения применения электрической энергии, не менее остро встают задачи экономного и эффективного использования энергии. Необходимы разработки по повышению технического уровня энерготехнического и теплоэнергетического оборудования, а также систем электроснабжения со снижением потерь в сетях на 20-25%; внедрение теплоутилизирующих систем и тепловых насосов в энергоемких процессах сельскохозяйственного производства и быта, осуществление проектирования и строительства сельских строений с улучшенной теплоизоляцией, снижающей теплопотери не менее, чем в 2 раза, разработка и широкое внедрение оборудования для использования нетрадиционных источников энергии.

Эта работа практически ведется во многих институтах. Хотелось бы отметить высокопроизводительную геотермическую

сушилку сена и других материалов, разработанную в ВИАХС. Согласно экспертной оценке около 80% возобновляемых энергисточников могут быть использованы в АПК.

Автоматизация и электронизация.

Самой приоритетной проблемой предстоящего пятилетия и десятилетия для инженерной науки должны стать автоматизация и электронизация производства.

Вся сложная зарубежная техника ведущих фирм оснащается бортовыми компьютерами, что позволяет не только контролировать технологические параметры работы машин, но и автоматически изменять и регулировать режимы работы. Все это непосредственно влияет на повышение урожайности, сохранности урожая и повышение качества продукции.

Задачей наших ученых одновременно с созданием широкозахватных машин, блочно-модульных агрегатов должна стать обязательная разработка средств автоматизации контроля заданных режимов работы, качественного выполнения технологического процесса каждым рабочим органом машины. Одному механизатору визуальнo проследить за работой, например 24-рядной сеялки кукурузной, невозможно. Нужны современные автоматические средства контроля, чтобы обеспечить и производительность, и качество работы.

Это же касается и автоматизации животноводства.

При переходе на комплексную механизацию технологических процессов возрастает роль системы управления как звена, обеспечивающего согласованную работу всех машин. Отсутствие контроля загрузки отдельных участков, последовательности пуска и остановки машин приводит к отказам линий в целом и технологическим потерям.

Самым крупным резервом эффективности автоматизации на базе электроники является повышение продуктивности животных за счет распознавания и идентификации, постоянного автоматизированного контроля продуктивности и адекватного ей дозированного кормления. Это дает возможность резко поднять производительность труда, повысить продуктивность животных на 8-12% при одновременной экономии корма. Решение задачи автоматизации приготовления и раздачи кормов в зависимости от продуктивности на всех видах ферм следует считать приоритетной задачей на ближайшие годы.

Особым разделом, очевидно, будет информатизация агропромышленного производства. В настоящее время, по данным статистики,

в сельском хозяйстве России насчитывается 325 тысяч ЭВМ. Создана уже солидная база. Но ее использование делает много лучшего.

Сейчас в России создается республиканская программа "Информатизация России", в рамках Россельхозакадемии создан по этой проблеме Координационный совет и определена головная организация ГИВЦ. Итогом реализации этой программы должны стать компьютерные технологии производства сельскохозяйственной продукции, автоматизированные банки данных и банки знаний, автоматизированные рабочие места специалистов сельского хозяйства (агронома, экономиста, инженера, зоотехника и др.), новые формы управления производственными единицами (электронная почта, локальная вычислительная сеть, факсимильная связь и др.). Задача науки — создать банк программ для осуществления этих целей. Как бы мы не отнеслись к этой проблеме, но за этим направлением — будущее.

Для решения стоящих задач по механизации сельского хозяйства необходимо поднять роль и ответственность машинистов этого комплекса. В предстоящее десятилетие надо обновить в выпуске все модели сельскохозяйственной техники, перейти на производство машин нового поколения высокой надежности, в несколько раз повысить производительность труда механизаторов.

При этих условиях, как предусматривается проектом концепции, мы можем полностью завершить комплексную механизацию с элементами автоматизации при производстве зерна, масличных культур, сахарной свеклы, грубых и сочных кормов, картофеля и овощей (рис.3). Завершить в основном комплексную механизацию к 2000г. Это позволит снизить затраты труда на производство продукции в 2-3 раза.

Организация исследований.

Отечественный и зарубежный опыт со всей убедительностью доказал, что добиться резкого сдвига в интенсификации отрасли можно не только путем сосредоточения сил науки на наиболее крупных, глобальных разработках, но и на устранении узких мест и нерешенных проблем в существующих и действующих системах, комплексах, технологиях. И социальная практика показала, как нелегко на эти узкие места привлечь ученых. Как правило, основные силы сосредоточены на привычных, извечных направлениях.

Огромная масса узких мест в механизации животноводства,

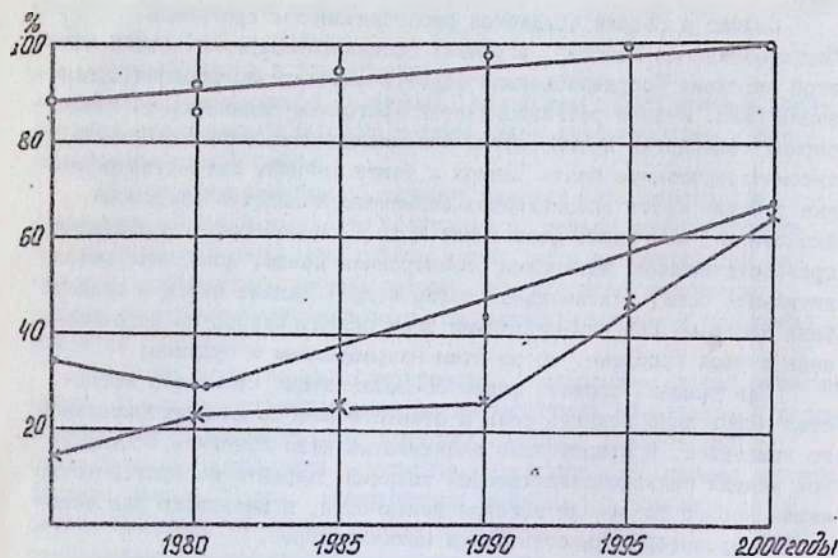


Рис. 3. Уровни механизации уборки картофеля —○—, овощей —x—, сахарной свеклы —●—

птицеводства, овощеводства и т.д. Чтобы сдвинуть эти проблемы, Академия приняла решение по ряду проблем объявить конкурс, выделить премии, создать творческие коллективы и организовать целевое финансирование под конкретные результаты.

Президиум Академии имеет намерения из средств бюджетного финансирования часть средств выделять головным институтам под решение определенных проблем.

Следующий важный вопрос в организации инженерных исследований — это разработка технических средств и их производство в условиях рыночных отношений, когда научные разработки становятся товаром, когда колхозы, совхозы, крестьянские хозяйства больше интересуют не просто рекомендации, изложенные на бумаге, а конкретные технологии или рекомендации, оснащенные и подкрепленные техническими средствами или исполнительными механизмами.

Таким образом, технические средства и сейчас, и на предстоящий период становятся главной составной частью готовой выходной

научной продукции, не только для ученых инженеров, но и технологов растениеводства, животноводов, экономистов, как новые сорта и породы животных для селекционеров. Но чтобы создать такую выходную научную продукцию, нужна соответствующая база.

В настоящее время с учетом вновь принятых институтов в составе Академии имеется 11 специализированных институтов и филиалов инженерного профиля, 75 отделов и лабораторий механизации в зональных и комплексных институтах, 29 конструкторских бюро экспериментальными.

Общий объем конструкторских и экспериментальных работ составляет около 13 млн. рублей в год. За год конструируется более 100 наименований машин, оборудования и лабораторных установок. В экспериментальном производстве изготавливается 140 наименований машин, общим объемом около 5,5 тыс. единиц.

Поднять научно-технический уровень разработок — главное требование в нашей работе. Это, в первую очередь, относится к отделам и лабораториям механизации и автоматизации институтов. Здесь зарождаются идеи и они часто определяют удачу или отставание на конечном этапе разработки. Но многое зависит и от конструкторских бюро — плохой конструировкой можно загубить любую идею. Поэтому качественный состав конструкторов, равномерная их загрузка много значат в разработке.

Важнейшим заключительным этапом, определяющим результативность исследований и затраченных средств на разработку, является производство машин. Здесь необходимо с большей пользой использовать экспериментальные производства самих институтов. Конечно, их главная задача — своевременная разработка макетных образцов для проведения исследований. Но многие КБ имеют мощности, которые с успехом можно использовать для производства машин малыми партиями, особенно для специализированных отраслей, а также селекционной техники и недостающей техники для различных с.х. технологий.

Практически все институты Академии имеют опытные хозяйства, однако уровень механизации работ в большинстве из них не всегда отвечает современным требованиям, а иногда и отстает от уровня окружающих хозяйств. Нам представляется, что силы отделов механизации, КБ и экспериментальных производств следовало бы сосредоточить и на решении этих проблем.

В то же время, необходимо оказать помощь и самим КБ, и экспери-

ментальному производству. Многие экспериментальные производства не укомплектованы металлорежущими станками или же имеют давно устаревшее оборудование.

Пополнение СПКБ кадрами конструкторов и проектировщиков носит случайный характер, отсутствует система повышения их квалификации и переподготовки.

По всем этим вопросам Россельхозакадемии, ее соответствующим службам, НПО, ОПКБ надо принимать все возможные меры.

Запланировать и осуществить в перспективе техническое перевооружение конструкторской и производственной базы ОПКБ на основе модернизации и расширения существующих производственных площадей, оснащение оборудованием, оперативное решение вопросов материально-технического обеспечения, повышение квалификации и переподготовку кадров.

Все это, несомненно, поможет ускорению научно-технического прогресса и научного обеспечения агропромышленного производства в предстоящий период.

Доктор технических наук
профессор Э.И.Липкович
(ВНИИТИМСХ)

К МЕТОДИКЕ ОБОСНОВАНИЯ СИСТЕМЫ МАШИН В РАСТЕНИЕ- ВОДСТВЕ

Сельскохозяйственное производство страны стремительно продвигается по пути освоения арендных отношений и фермерства. Эффективность таких форм и способов организации производства повсеместно подтверждается результатами практической работы трудовых коллективов, которые организуются на основе рекомендаций науки.

Необходимость внедрения новых форм организации производства обусловлена общественной потребностью в существенном росте объемов и качества сельскохозяйственной продукции, в повышении эффективности АПК. Стоит заметить, что увеличение основных фондов, в том числе и средств механизации, в 2,0-2,5 раза в последние 15 лет практически не вывело производство из состояния стагнации, не избавило колхозы и совхозы от привлечения дополнительной рабочей силы со стороны (а она ведь теперь должна оплачиваться,

ибо предприятия-"поставщики" работают в условиях товарно-денежных отношений и в дальнейшем просто не будут иметь "лишней" рабочей силы!), а лишь привело к ухудшению экономических показателей.

В качестве примера можно привести положение с уборкой зерновых культур. В стране более 700 тыс. зерноуборочных комбайнов, и использование пропускной способности комбайна на уровне 4кг/с позволило бы собрать урожай зерна колосовых в 240 млн.т. (о таком валовом производстве можно пока что лишь мечтать) за 70 рабочих часов, т.е. за семь десятичасовых рабочих смен. В действительности же едва ли в стране есть хозяйства, которые смогли убрать свои площади зерновых колосовых культур хотя бы за семь двухсменных рабочих дней. Общая длительность уборки уменьшается крайне медленно, и только там, где в полной мере применяются уборочно-транспортные комплексы, удается получить заметный результат. Отсюда постоянная неудовлетворенность пропускной способностью зерноуборочных комбайнов. Но если повышение пропускной способности комбайнов от 2,6 (комбайн СК-3) до 4,8 кг/с (комбайн СК-5 "Нива") и даже до 6-7 кг/с (комбайн СК-6 "Колос"; сегодня разрабатывается новый комбайн этого класса) не привело к существенным результатам в производстве, то едва ли следует ожидать качественный сдвиг при оснащении того же производства с той же организацией комбайнами пропускной способностью 8,0-10,0 кг/с (комбайны "Дон-1500", "Ротор"; отдельные положительные результаты, несомненно, есть из-за существенно больших технических возможностей новых машин).

Такие же выводы вытекают и из анализа других технологических процессов.

Существенное улучшение ситуации следует искать в интенсификации труда и улучшении его организации, реализуемых арендными отношениями и образованием фермерских хозяйств.

На основе уже имеющегося, хотя и далеко недостаточного опыта работы механизаторов в новых экономических условиях, а также научных разработок ряда НИУ: прежде всего ВНИИТУСХ можно сформулировать некоторые принципы организации трудовых коллективов в растениеводстве, из которых вытекают требования к их техническому оснащению:

1. Трудовой коллектив (ТК) закрепляется за полным севособоротом специализированным или интенсивного типа; за ТК закрепляется необходимый набор средств механизации, который оптимизируется применительно к севособороту (земельные площади, средства механизации и другие средства производства могут арендоваться);

2. Общая численность ТК не должна превышать 20-25 человек (из условий управления); механизаторы должны быть взаимозаменяемыми;

3. Полевые работы ТК выполняет в виде технологических циклов таким образом, что в интервале определенного агросрока завершается весь объем работ для выполнения определенного процесса (цикла), каждый технологический цикл включает законченный этап так, чтобы последние операции в каждом выполненном в нем процессе завершали либо конечный объем работ, либо образование товарного продукта;

4. Все работы в циклах выполняются организационно-технологическими комплексами; посевными, уборочно-транспортными, по основной обработке почвы и т.д., в которые последовательно рекомбинируются трудовой коллектив;

5. Агрохимическое (подготовка семян, подготовка и внесение органических и минеральных удобрений и т.п.) и транспортное обслуживание, инженерно-техническое и культурно-бытовое обеспечение приобретаются в виде услуг, оказываемых такими же ТК как внутрихозяйственными, так и из других предприятий;

6. Основные работы, за исключением крайне трудоемких или очень больших по объему, выполняются в одну смену при десятичасовом рабочем дне (едва ли следует считать целесообразным круглосуточное пребывание механизаторов в поле в течение почти пяти месяцев; к тому же производительность в ночной смене практически на всех полевых работах значительно ниже и без крайней нужды такой режим применять не следует);

7. В ТК должно обеспечиваться рациональное соотношение высококвалифицированных механизаторов, имеющих большой стаж работы на различных машинах и агрегатах, с молодыми перспективными кадрами и работниками среднего уровня, не имеющими возможности осваивать сложные технологические процессы.

Реализация приведенных принципов предусматривает иную, по сравнению со сложившейся, структуру сельскохозяйственного предприятия. В регламент работ технологических ТК, закрепляемых за севособоротами, не входят такие работы, как подготовка и внесение органических и минеральных удобрений, подготовка семян, а также вспомогательные работы (инженерно-техническое обеспечение и т.п.). Исходя из принципа формирования конкретного конечного результата, можно признать целесообразным закрепить эти работы за другими специализированными ТК и коллективами, работающие на полевом севособороте, приобретают услуги как товарную продукцию, и не только у ТК из своего хозяйства, но и у специализированных хозяйств или предприятий.

На рис. I показана примерная агрегированная схема взаимодействия ТК в сельскохозяйственном предприятии (СХП), в котором в полной мере используется новая система организации производства. Наряду с ТК, работающими на полевых и кормовых севособоротах, в СХП имеются ТК в животноводстве, а также специализированные ТК, обеспечивающие основные подразделения агрохимическими, транспортными, инженерно-техническими, культурно-бытовыми услугами. Между всеми коллективами существуют прямые и обратные связи, определяемые направлениями перемещения материальных потоков (информационные потоки здесь не рассматриваются). Такие СХП представляют собой добровольную кооперацию или ассоциацию самостоятельных коллективов, в том числе и фермеров, выделяя землю которым СХП организационно включает их в свой состав.

Трудовые коллективы в растениеводстве, организация которых реализует приведенные принципы, должны, по-видимому, предъявлять и некоторые особые требования к средствам механизации, в совокупности представляющим их техническое обеспечение. К этим требованиям относятся следующие:

технологические комплексы должны иметь минимальные наборы машин;

смена технологий должна производиться изменением регулировок машин и агрегатов;

неунифицированные технологические процессы выполняются за счет установки сменных рабочих органов;

техническая структура машин и агрегатов должна быть максимально простой в обеспечении предельной надежности технологичес-

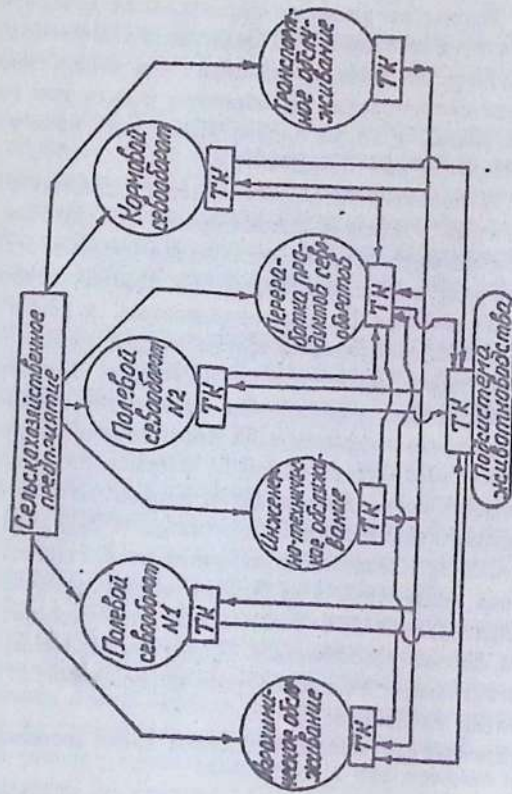


Рис. 1. Агрегированная схема взаимодействия ТК в с.-х. производстве

кого процесса;

средства механизации должны приводиться в рабочее положение с минимальной затратой времени.

Рассмотрим теперь общеметодические предпосылки по обоснованию системы машин применительно к производству продукции растениеводства.

Разработка системы машин, из которой формируется техническое оснащение применительно к трудовым коллективам, базируется на оптимизации системы севооборот-система машин-трудовой коллектив на основе критерия максимума производства продукции или прибыли при ограничениях по затратам труда и нижнему уровню рентабельности. Такая оптимизация предусматривает разработку сложной многоуровневой математической модели, по существу, системы моделей. В нее входит большой объем исходной информации, ради получения которой приходится вести специальную обработку имеющихся научных данных и проводить самостоятельные исследования не только в области механизации, но и агротехники и других смежных дисциплин.

Структура многоуровневой модели обоснования системы машин представлена на рис. 2. Как видно из рисунка, первый блок занимает исходная информация, описываемая группой моделей с большим количеством параметров. Закономерности изменения параметров внешней среды применительно к процессам уборки зерновых колосовых культур (урожайность, соломистость, влажность культуры, расстояние перевозок, длина гона и т.п.) представляются в виде вероятностных эмпирических распределений.

В систему моделей исходной информации вводятся модели синтеза машин и агрегатов из уже существующих рабочих органов и энергетических средств. Дело в том, что не целесообразно проводить поиск новых средств механизации, удовлетворяющих более высоким требованиям. Может оказаться, что из уже созданных и исследованных рабочих органов удастся синтезировать удовлетворяющий новым исходным требованиям агрегат. Такого рода модели должны разрабатываться для всех сельскохозяйственных машин и агрегатов.

Далее в блок исходной информации входят модели идентификации агротехнических, эксплуатационных и технико-экономических показателей. При создании новых средств механизации выполнить

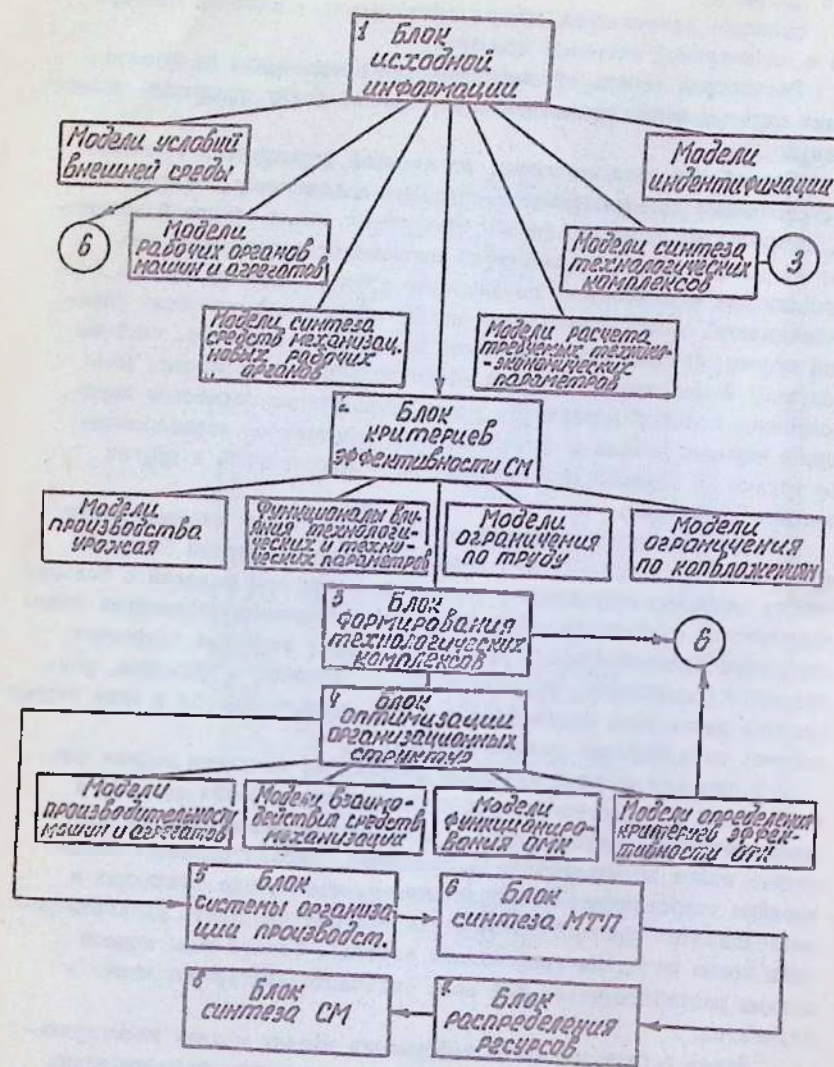


Рис. 2. Структура многоуровневой модели обоснования системы машин

целевую или другую производственную проверку во всем спектре условий внешней среды зон и подзон, где предполагается их использование, практически невозможно. Здесь помогут математические модели, способные преобразовать технико-эксплуатационные параметры машины или агрегата, реально полученные для других условий или групп условий без проведения испытаний или опытной проверки.

В общем виде разработка модели идентификации сводится к отысканию оператора L , который по заданному множеству условий Ψ_i с соответствующими выходными параметрами Ω_i и новым множеством условий, позволил бы получить новые выходные параметры Ω , т.е.

$$L[\Psi_i, \Psi_n, L(\Psi_i)]\Omega_i \rightarrow \Omega.$$

Последняя группа моделей из состава блока исходной информации формирует величины затрат труда, денежных средств или других ресурсов применительно к создаваемым средствам механизации, технологическим комплексам и системам машин. Модель двухуровневая, открытая, с вводом информации из прогноза технических средств: она предусматривает взаимодействие ресурсов (особенно трудовых) сельскохозяйственного предприятия и подсистем более высокого уровня (например, административного района, АПО).

Второй блок системы моделей определяет критерии эффективности перспективной системы машин.

В основе оптимизации технологических комплексов, как уже указывалось, должна лежать идея максимального производства продуктивной части севооборота при заданных ограничениях по труду и другим ресурсам. Тогда необходимо установить влияние средств механизации на объемы производства продукции севооборота и ее качество. Это влияние устанавливается с помощью математического моделирования производственного урожая применительно к каждой культуре в зависимости от условий внешней (по отношению к растениям) среды, т.е. рассматривается процесс образования продукции севооборота как производственный процесс агроэкосистемы. Здесь выделены две части образования урожая: наземная часть, которая включает в свой состав собственно урожай для основной массы культур полевого севооборота, и часть корнеобитания, которая, принимая участие в формировании урожая, непосредственно взаимодействует с почвой и трансформирует ее качество в урожай. Внешние

воздействия делятся на две группы: неуправляемые, к которым относятся погоднo-климатические условия, и управляемые, которые включают в себя агротехнические мероприятия.

На основе такого представления о производственном процессе агроэкосистемы записывается математическая модель урожая $Y_{ин}$ в производстве:

$$Y_{ин} = Y_0 + \frac{(B - B_0)(W_H + [J \cdot W_H] K_0 \Sigma Q_0 - 12 W_H \cdot K_H \cdot K_C \cdot K_T (\Sigma Q_{0H} \cdot K_C \cdot K_T - n)^2 - n(W_H))}{2,4 \cdot 10^9 \Sigma K_S}$$

действительно возможный урожай

$$-12 W_H \cdot K_H \cdot K_C \cdot K_T (\Sigma Q_{0H} \cdot K_C \cdot K_T - n)^2 - n(W_H)$$

биологические и механические потери

Здесь Y_0 - средний урожай, который может быть получен на полях с бонитетом B ; B - бонитет конкретного поля севооборота (%);

B_0 - бонитет наиболее слабо окультуренных полей региона (%);

W_H и W_K - начальные и конечные влагозапасы в почве (мм);

ΣJ - осадки в период вегетации (мм); K_0 - коэффициент использования ΦAP^* посевом, отвечающий идеальным почвенно-климатическим условиям (%); ΣQ_0 - суммарный приход ΦAP за вегетационный период (кДж/га); Q_0 - калорийность единицы сухого органического вещества ($17 \cdot 10^6$ кДж/т); ΣR_S - суммарный за период вегетации радиационный баланс (кДж/см²); W_H - производительность агрегата за 1 час сменного времени; K_H - потери урожая (ц/га·сутки);

K_T - коэффициент возможного использования рабочего времени механизатора; K_C - коэффициент возможного использования времени суток для работы; n - количество дней, в течение которых потери незначительны (пренебрежимо малы); $n(W_H)$ - механические потери за агрегатом.

Введем в модель влияние средств механизации на некоторые основные параметры производства урожая. Так, бонитет поля зависит от набора и последовательности возделываемых в севообороте культур, количества и агросроков внесения удобрений, качества обработки почвы. Тогда в общем виде бонитет можно представить регрессионной моделью с вероятностными коэффициентами:

$$B = A x_1 + \bar{F}_1 x_2 + \bar{F}_2 x_3 + \bar{F}_3 x_4 + \bar{F}_4 x_5 + \bar{F}_5 x_6,$$

где x_1 - индекс севооборота, определяемый набором и чередованием культур; x_2 и x_3 - дозы внесения органических и минеральных удобрений соответственно; x_4 и x_5 - агросроки внесения

ΦAP^* - фотосинтетический потенциал радиации

W_H - математическое моделирование уровня роста в разработке В.Э.Полушкина

органических и минеральных удобрений соответственно; x_6 - индекс обработки почвы, учитывающий качество обработки и ее уплотнения ходовыми системами; A - постоянный коэффициент; $\bar{F}_1, \bar{F}_2, \dots, \bar{F}_5$ - вероятностные коэффициенты регрессии с заданными законами распределения.

Надо отметить, что модель бонитета может быть и нелинейной (разработка математической модели бонитета поля еще не завершена).

Таким образом, один из важнейших параметров производства урожая - бонитет поля - оказывается тесно связанным с технико-эксплуатационными характеристиками технологических комплексов; сроки внесения удобрений есть функция производительности средств механизации и организации работ; индекс обработки почвы - функция рабочих органов машин и орудий, масс их и свойств головных систем агрегатов.

Второй важный показатель - влагосодержание в почве - существенно зависит от агросроков и качества обработки почвы как в период подготовки почвы под посев и посева, так и при уходе за посевами. Начальное влагосодержание в почве можно представить в виде регрессионного уравнения с вероятностными коэффициентами:

$$W_H = \bar{W}_H + \bar{a}_1 x_{61} + \bar{a}_2 x_{62},$$

где $\bar{W}_H$ - влагосодержание в почве перед оптимальным агросроком первой при подготовке под посев обработки (в общем виде случайная величина); x_{61} - параметр, характеризующий вид обработки почвы перед посевом; x_{62} - агросрок обработки почвы перед посевом; $\bar{a}_1$ и $\bar{a}_2$ - коэффициенты регрессии, в общем случае величины с заданными законами распределения.

Факторы x_{61} и x_{62} также существенно зависят от параметров средств механизации.

Наконец, качество подготовки почвы под посев и самого посева может быть учтено в модели Y_0 построением аналогичным образом.

Полученные влияния позволяют перейти к оценке эффективности технологических комплексов и их синтезу, которые производятся третьим блоком. Мерой эффективности работы ТК является прибыль

$$Y : Y = \frac{\sum_{i=1}^n U_i \alpha_i Y_{ин} S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} - \frac{\sum_{i=1}^n C_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \geq P_2$$

сумма реализации продукции полная себестоимость

Здесь $Ц_{сх}$ - цена реализации товарной продукции каждой из j -х культур севооборота; S_k - площадь под каждой культурой; Cn_i - себестоимость каждой из N операций по производству продуктов севооборота; P_3 - плановая прибыль $У_{упк}$ - урожайность каждой культуры.

Надо заметить, что цен реализации продукции может быть несколько: для госзаказа, продналога, рыночной реализации и др.

Полная себестоимость включает в свой состав и затраты на механизированные работы, которые являются критерием на стадии предварительной оптимизации технологических комплексов:

$$C_{\Sigma} = \frac{K_2 \cdot C_{сх}}{24 \cdot \omega_n \cdot K_c \cdot K_z} + \frac{\sum g_n \cdot C_{гн}}{\text{топливо и смазочные материалы}} + \frac{B(E_r + E_{рм})}{24 \cdot \omega_n \cdot K_c \cdot K_z} + \text{ремонт и ТО}$$

$$+ \frac{B \cdot E_p}{24 \cdot \omega_n \cdot \omega_n \cdot K_c \cdot K_z (2 + \alpha_p)} \cdot \text{реновация}$$

Во ВНИИТИМЭСХ разработаны подробные методики обоснования и оптимизации технологических комплексов по стоимостным критериям с помощью графовых моделей, создано все необходимое программное обеспечение и накоплен солидный опыт этой работы. Поэтому здесь эта часть построения модели не рассматривается.

Выбрав в предварительном порядке технологические комплексы по минимуму себестоимости механизированных работ и проведя первое уточнение их по критерию прибыли (с учетом влияния на урожай), необходимо выяснить, в какой степени выбранные комплексы согласуются со структурой и составом ТК, т.е. в какой степени взаимодействие этих двух подсистем (техническое оснащение и трудовой коллектив) представляется рациональным. При этом необходимо реализовать и ограничение по затратам труда.

Задача решается четвертым блоком модели. В настоящее время уже разработаны методы количественной оценки организационных структур, которыми мы воспользуемся в своем анализе с целью более обоснованного выбора состава ТК по сравнению с принятым выше.

Организационную систему можно представить в матричной форме в виде функционально-схемной и схемно-параметрической матричных структур, выделив в ней подсистемы и элементы с соответствующими функциями и подфункциями, показатели и характеристики (рис.3)

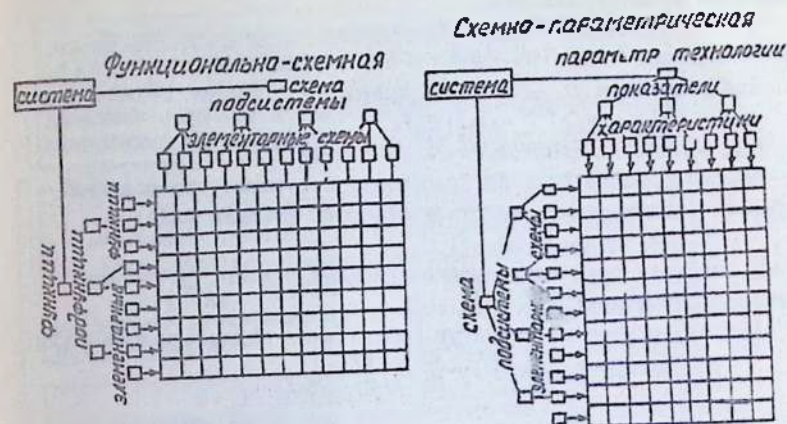


Рис. 3. Матричная структура системы

Для ТК, рекомбинирующегося на каждом виде работ в соответствующие организационно-технологические комплексы, это будут отдельные машины (и агрегаты) элементарные схемы с соответствующими элементарными функциями и технологические звенья (подсистемы) с соответствующими подфункциями (более высокий уровень иерархии). Нетрудно видеть, что обе матричные структуры носят ортогональный характер.

Оценка организационной структуры производится по показателям высоты H организационной структуры, сложности связей K_5 структуры и сложности K_6 самой структуры.

Рациональная высота H_2 структуры определяется соотношением

$$H_2 = \frac{m \cdot n_2}{n_2}$$

где H_2 - рациональное число элементов в m -м уровне; n_2 - рациональное число уровней организационной структуры;

$$n_2 = \frac{\log(V/V_m)}{\log(K_{сж} \cdot K_c)}$$

где V - объем первичной информации объекта управления; V_m - объем первичной информации в m -м подразделении; $K_{сж}$ - коэффициент сжатия информации, приходящийся на одно подразделение (одного работающего).

Показатель K_5 сложности связей представляет функцию числа связей в зависимости от числа подчиненных элементов и за-

писывается в следующем виде:

$$K_s = m[2^{m-1} + (m-1)],$$

где m — общее число элемента в структуре.

Для элементов n -го уровня имеем:

$$K_{sn} = m[2^{m_n-1} + (m_n-1)],$$

где m_n — число элементов на n -м уровне.

Наконец, показатель K_s сложности структуры, позволяющий учитывать ее динамику, представляет собой функция вида:

$$K_s = K(n, m, \omega, \beta),$$

где ω — частота появления организационных связей; β — "вес" организационных связей.

Для иерархических структур показатели сложности имеют вид:

$$K_s = (1 + n_2) \log \sum_{i=1}^{m_1} m_i \sum_{j=1}^{m_2} n_{ij} \sum_{q=1}^{m_3} \omega_{ijq},$$

$$K_{ij} = \frac{V_{вых ij}}{V_{вх ij}}; \quad i=1, 2, \dots, m_1;$$

Здесь ω_{ijq} — частота появления связей между q -м элементом i -го уровня и элементами j -го уровня, определяемая статистическим путем $V_{вых ij}$ и $V_{вх ij}$ — объемы выходной и входной информации для элементов i -го и j -го уровней.

Таким образом, приведенные методические положения позволяют увязывать севообороты и производственные процессы агроэкосистемы, техническое оснащение, структуру и состав ТК и вести системную оптимизацию всей триады производительных сил.

Оптимизация технологических комплексов в рамках рассматриваемой системы выполняется с помощью итерационных циклов, схема которых представлена на рис. 4. Здесь последний блок итерации позволяет как раз установить, в какой степени соответствие между техническим оснащением и структурой ТК удовлетворяет объективно рациональной организационной структуре, определенной на основе целей и функций трудового коллектива.

$$K_{sf} \neq K_{sr},$$

где K_{sf} — фактический показатель для ТК; K_{sr} — рациональный показатель сложности системы ТК, вычисленной на основе обоснования структур по вышеприведенной методике. Естественно, проблема сходимости итерационных циклов требует специального рассмотрения, но в рамках настоящей работы она носит технический характер.

На рис. 5 представлена схема определения прибыли при измене-

Выбор оптимальных технологических комплексов:
по критерию себестоимости механизированных работ для каждой культуры и всех культур севооборота по графовым моделям оптимизируем технологические комплексы: $\sum_{i=1}^N C_i \rightarrow \min$ ($i=1, \dots, N$ — балансов севооборота)

Улучшение решения:
по критерию прибыли, величина которой в общем случае задается (или принимается максимальной)
 $\sum_{i=1}^N (Y_{ij} - P_i - C_i) = P$
проверяется эффективность выбранных технологических комплексов

Уточнение решения:
причем на каждом выбранном технологическом комплексе определяется состав и структура ПТК; вычисляется фактический показатель сложности его структуры K_{sf} ; затем проводится сравнение: $K_{sf} \neq K_{sr}$

Рис. 4. Итерационные циклы определения состава технологических комплексов для ПТК

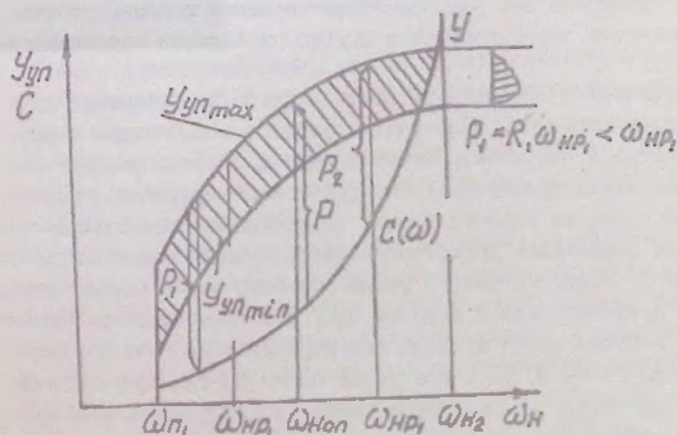


Рис. 5. Схема определения прибыли при изменении урожайности

нии урожайности и, следовательно, валовой продукции севооборота и себестоимости работ как функций часовой производительности агрегатов (заштрихованная область, сечение которой подчиняется вероятностному закону Вейбулла) ограничена функциями *СД*. Поинная себестоимость включает себестоимость механизированных работ как функций производительности агрегатов, затраты на удобрения, семена и средства защиты, оплата услуг других ТК, накладные расходы. Характер закономерностей на рисунке показывает, что возможен случай, когда одинаковая прибыль достигается при разной производительности. Но здесь будет различной и рентабельность. Поэтому в ограничения следует вводить и плановую рентабельность.

Обосновывая технологические комплексы для ТК в сочетании с их структурой, следует иметь в виду, что они подвержены влиянию других подсистем производства, как было рассмотрено выше (см. примерную структуру СХП). Отсюда возникает необходимость ввести в модель блок организации производства (пятый блок). Он включает большое количество групп моделей, которое определяется уровнем вовлекаемой в рассмотрение производственной структуры: СХП, АПО района или регион. Моделирование охватывает процесс, начиная от планирования и распределения ресурсов до оперативного управления процессом как вероятностной системой с целью уточнения экономической эффективности и других параметров новой техники.

Обоснованные и проверенные на моделях по агротехническим и технико-экономическим показателям средства механизации синтезируются теперь в машинно-тракторный парк с помощью шестого блока. Исходными здесь являются закономерности распределения условий внешней среды из первого блока, структуры организационно-технологических комплексов из третьего блока и показателей их работы из четвертого. Модели строятся таким образом, чтобы определять состав МТП применительно к каждому СХП. Это громоздкая и в рамках разработки системы машин практически нереализуемая задача (ведь всех хозяйств более 46 тыс. без учета более 50 тыс. фермерских, работающих сегодня); но все группы моделей для обоснования МТП должны быть разработаны применительно к хозяйству и ТК, так как при загляках на уже созданную технику придется поступать именно так, используя региональные и кустовые вычислительные центры, а при

соответствующей подготовке — и персональные ЭВМ в СХП. Модели же должны быть одинаковы. Это обеспечит идентичность показателей эффективности при разработке и использовании средств механизации.

Система моделей для предварительного расчета МТП должна удовлетворять следующим четырем условиям.

Во-первых, она должна предусматривать распределение условий внешней среды за весь агробиологический цикл в IО,5–II лет.

Во-вторых, она должна предусматривать возможность неэкономного использования техники как адекватную реакцию системы машин на меняющиеся условия; модель предполагает адаптивность СМ, гибкость технологических комплексов с тем, чтобы в течение даже одного сезона быстро менять варианты технологии; это особенно относится к подготовке почвы под озимые; уборке трав, зерновых колосовых культур, кукурузы.

В-третьих, модели расчета МТП должны предусматривать рациональное сочетание внутрихозяйственных и межхозяйственных (уровень АПО) организационно-технологических комплексов; данные для этого заимствуются из пятого блока.

В-четвертых, модели должны предусматривать минимально возможную номенклатуру и изобретность средств механизации в отдельных зонах и подзонах с обязательной оценкой недополучаемого эффекта от потерь.

Блок должен содержать модель определения расчетной эффективности выбранного МТП с учетом интенсивности замены существующего парка новым.

Предварительно скомплектованный таким образом МТП следует проверить на возможность его реализации как в структурном плане, так и в количественном.

Для выяснения этих вопросов требуется разработка седьмого ресурсного блока моделей. Реализация такого блока на отраслевом и даже межотраслевом уровне требует большого объема информации общегосударственного значения. Такие модели в настоящее время разрабатываются рядом институтов; применительно к системе зерноуборочных машин работа уже выполнена специалистами Ростовского государственного университета, завода-вуза при ПО "Ростсельмаш" и института механики и прикладной математики Северо-Кавказского научного центра высшей школы. Блок моделей исследует вопрос о ресурсообеспеченности производства новых зерноуборочных машин, оптимизирует на этой основе парк комбайнов и интенсивность их замещения

Если будет установлено, что ресурсов для разработки новых конструкций машин и организации выпуска достаточно, то определяется оптимальная интенсивность замещения и завершается синтез СМ. Если же анализ выявит недостаточность ресурсов, то придется вернуться к верхним блокам, снизить ограничения и перепроектировать наиболее трудоемкие технологические комплексы, оценив, конечно, снижение экономического эффекта, получаемого в сельхозпроизводстве, затем вновь обратиться к седьмому блоку. Эта задача носит итеративный характер.

Последний, восьмой, блок включает модель общего синтеза системы машин, результаты которого являются основой заказа новых технологических комплексов и их поставок сельскохозяйственному производству. Основные модели этого блока заимствуются из шестого блока и дополняются моделями расчета потребности всех средств механизации и оптимизации их поставок. Здесь расчет выполняется для каждого хозяйства во всех зонах.

Производство системы машин применительно к ТК предполагает его ранжирование, по крайней мере, по трем уровням. Первый уровень может предусматривать создание и производство той части СМ, которая будет применяться во всех или в большинстве зон страны. Сюда относятся тракторы и другие энергосредства общего назначения, некоторые транспортные средства, зерноуборочные комбайны и другие уборочные машины, средства автоматизации и т.д.

Второй уровень включает зональные части СМ, в которые входят средства механизации, применяемые в отдельных зонах или одновременно в нескольких зонах. Примером таких элементов технического оснащения могут быть почвообрабатывающие машины и орудия, особенно для интенсивных технологий, приспособления зонального характера к универсальным средствам механизации широкого назначения, сменные рабочие органы.

Наконец, третий уровень включает средства механизации, которые предназначены для применения в отдельных хозяйствах и базируются на специфических условиях производства в этих СХП.

Если M_x — техническое оснащение (ТО) сельхозпредприятий (считное множество), M_{xk} — ТО межхозяйственных и региональных предприятий

в зоне, то техническое оснащение M_z зоны можно представить соотношением:

$$M_z = \langle (\bar{M}_{xi}) ; (\bar{M}_{xkji}) \rangle,$$

где $1 \leq i \leq K$; $1 \leq j \leq N$;

Здесь K и N — количество соответственно СХП и межхозяйственных и региональных предприятий в зоне.

Далее, d_z — подмножество средств механизации, общее для зон:

$$d_z = \langle (\bar{M}_{vi}) \cup (\bar{M}_{xkji}) \rangle \neq \emptyset,$$

d — подмножество средств механизации растениеводства, общее для всех зон:

$$d = \bar{M}_{dzn} = \emptyset ;$$

d_z — подмножество зональных средств механизации:

$$d_z \subset M_z ;$$

при этом

$$d_z \cap d_z = \emptyset,$$

наконец, $\bar{M}_x$ — подмножество средств механизации специально для СХП:

$$\bar{M}_x \subset M,$$

при этом

$$\bar{M}_x \cap d_z = \emptyset \cup M_x \cap d_z = \emptyset.$$

Таким образом, к первому уровню относится подмножество d . Оно должно производиться предприятиями Минсельхозмаша для всех зон страны.

Второй уровень включает подмножество d_z , машины из которого могут производиться как предприятиями Минсельхозмаша, так и, прежде всего, машиностроительными предприятиями системы АПК.

Третий уровень — это подмножество $\bar{M}_x$, которое производится промышленными предприятиями АПК и региональных АПО. Схематически уровни представлены на рис. 6.

Такой подход к производству СМ позволит в полной мере удовлетворить ПТК во всех зонах страны адекватными средствами механизации, быстро реагировать на возникшие потребности в технике и своевременно оснащать новыми, более производительными средствами механизации.

Сложившаяся ситуация с разработкой системы машин при формировании нового ее потребителя — арендных трудовых коллективов и

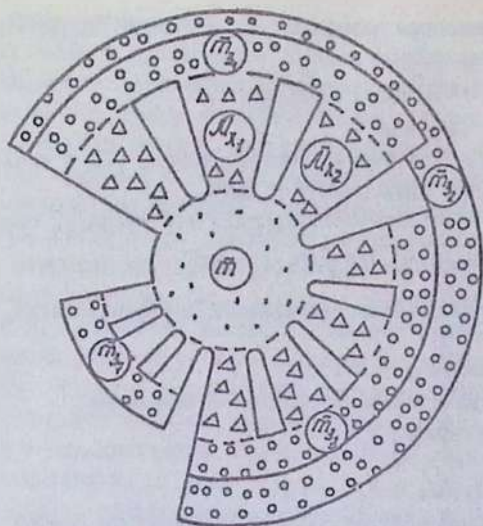


Рис. 6. Уровень разработки технического оснащения

фермеров, который образует из ее состава свое техническое оснащение, позволяет в настоящее время выделить три условных этапа.

Первый этап предусматривает оснащение ТК выпускаемыми в настоящее время и ставящимися на производство средствами механизации из действующей ранее системы машин. Эти машины и агрегаты обосновывались применительно к крупному колхозно-совхозному производству по укрупненным параметрам и усредненным характеристикам условий зон и подзон на основе моделей технико-экономической оценки, предложенных, в основном, в шестидесятые годы. Естественно, эта система машин не учитывала никаких новых организационных формирований, потому что в период разработки средств механизации этих формирований просто не было, и появление их не предполагалось (за исключением единичных специализированных звеньев, опыт которых еще изучался крайне слабо). Но тем не менее сейчас приходится решать задачу технического осна-

щения ТК на основе действующей системы машин и для этого нужен эффективный инструмент.

Второй этап предусматривает оснащение ТК новыми, в настоящее время лишь только обосновываемыми и разрабатываемыми средствами механизации. Здесь уже учитывается в известной мере опыт использования техники в организационно-технологических комплексах, новейшие научные результаты по унификации операций и технологий и, как следствие, по обоснованию унифицированных комплексов машин для выполнения различных процессов одинаковыми машинами и агрегатами. Такие подходы уже в определенной мере реализуют требования, предъявляемые новыми формированиями к техническому оснащению. И есть основания полагать, что к концу девяностых годов сельскохозяйственное производство будет иметь более приспособленное к условиям работы техническое оснащение.

Наконец, третий этап разработки системы машин направлен на удовлетворение в полной мере требований к техническому оснащению многообразных трудовых коллективов, включая и семейные, работающих в условиях уже установившихся новых экономических отношений в АПК страны. Новая система машин будет разрабатываться на основе реализации новых научно-методических положений обоснования системы машин, некоторые предпосылки которых изложены в настоящей работе.

Доктор технических наук
Э.А.Финн
(УкрНИИМЭСХ);

ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ МАШИН ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Обоснование оптимальных вариантов развития сельскохозяйственной техники и перспективной системы машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства остается актуальной задачей, поскольку эффективное выполнение таких разработок отвечает не только основополагающим требованиям сельского хозяйства, состоящим в том, что каждое предприятие или хозяйственная бригада должны иметь возможность в нужный момент и в требуемом количестве приобрести все наиболее эффективные в их

условиях и согласованные между собой типы машин, но и долгосрочным интересам предприятий сельскохозяйственного машиностроения, которым важно с определенным опережением планировать выпуск новых машин с гарантированным спросом при определенных объемах производства.

Вместе с тем, выполнение таких разработок требует более совершенной методической базы. Эта база должна прежде всего основываться на современной информационной технологии, поскольку решаемые при проектировании системы машин задачи относятся к наиболее объемным в сельскохозяйственной науке по обрабатываемой информации. При этом, чтобы обеспечить достоверность и актуальность входных данных, возможность контролировать правильность расчетов на всех промежуточных этапах, важно сохранить выполнение большей части разработок на местах — в региональных НИИ, где накоплены все необходимые данные по технологиям возделывания культур, особенностям использования тех или иных видов техники, возможным вариантам усовершенствования машин различного назначения. Однако при рассредоточенном проектировании системы целесообразно обеспечить участников разработок на местах единым пакетом прикладных программ.

С учетом сложности задач по проектированию системы машин для комплексной механизации растениеводства, объемов информации, которая должна при этом перерабатываться, можно утверждать, что проектирование, в полном смысле этого слова, такой системы без современных ЭВМ невозможно. Поэтому и происходит подмена проектирования согласованием, что приводит к потере качества получаемого результата разработок и ставит под сомнение их целесообразность.

Актуальность ведущейся разработки системы автоматизированного проектирования системы машин для комплексной механизации растениеводства (САПР СМ) обуславливается тем, что она даст всей работе действительно инженерный научный и проектный характер, каждый элемент системы машин получит свои расчетные показатели по эффективности в составе системы, а вся система в целом — точно установленные параметры, зависящие от ее состава и эффективности входящих в нее элементов. Кроме того, само проектирование системы машин станет четко управляемым процессом, когда каждый исполнитель выполняет, входящие в общую схему разработ-

ки определенные задания, связанные либо с получением определенных исходных данных, либо с проведением расчетов с анализом результатов таких расчетов.

Таким образом, САПР СМ представляет собой совокупность методов, реализованных в виде программного обеспечения персональных компьютеров, предназначенных для накопления и систематизации необходимой информации и решения задач основных типов, связанных с проектированием систем машин для комплексной механизации растениеводства. При этом как системы сельскохозяйственных машин могут быть рассмотрены не только система машин для комплексной механизации растениеводства, но и комплекс специальных машин для возделывания определенной культуры, набор агрегируемых машин к определенному трактору, парк машин определенного хозяйства. В то же время основная цель САПР СМ — автоматизировать проектирование системы машин для комплексной механизации растениеводства по зонам и для отрасли сельского хозяйства страны.

Систему САПР СМ составляют семь комплексов задач, каждый из которых может эксплуатироваться пользователем независимо от других.

Комплексом задач "Справочник системы машин" (ССМ) осуществляется информационное обслуживание пользователей по их запросам. Типы запросов обусловлены определенным иерархическим меню.

"Справочник СМ" выдает пользователям данные об отдельных машинах. С этой целью база данных "Справочника СМ" содержит три массива данных:

"Каталог СМ" — перечень всех машин, включенных в утвержденную СМ для комплексной механизации растениеводства, с указанием даты и других атрибутов документов о включении в Систему технических параметров машин. Причем перечень технических параметров может быть разным, зависящим от типа машин;

"Архив СМ" — описание технических параметров и эксплуатационных характеристик машин. В отличие от "Каталога СМ" в нем даются описания машин, входящих и не входящих в утвержденную систему машин отечественного и зарубежного производства, по каждой машине может быть несколько записей. Такими записями может быть отражен, например, каждый протокол о результатах испытаний машин на ИИС;

"Отчет СМ" – описание процесса создания, разработки и производства машин каждого типа (даты разработки, постановки на производство, количество выпущенных машин по годам и т.п.).

Отличительной особенностью перечисленных трех массивов данных является то, что первый из них – "Каталог СМ" – содержит данные, главным образом, по техническим характеристикам машин; второй – "Архив СМ" – эксплуатационные показатели машин в различных условиях; третий – "Отчет СМ" – историю жизненных циклов машин от разработки машины до снятия ее с производства. Но при необходимости используемая СУБД объединяет информацию этих трех массивов.

"Справочником СМ" на типовые запросы подготавливаются ранжированные (по указанному техническому параметру) ряды машин определенного вида, сопоставляются по всем параметрам две (или более) указанные машины, отыскиваются машины, удовлетворяющие определенному условию.

Комплексом задач "База технологий" (БТ) создается, проверяется и поддерживается часть общей для всей системы САПР СМ базы данных. Этот комплекс задач ведутся массивы данных:

"Зоны" – массив данных, описывающих площади возделывания культур по зонам и регионам, некоторые природные условия эксплуатации техники;

"Хозяйства" – массив данных, характеризующих специализацию хозяйств и типы хозяйств по зонам, структуру посевных площадей и другие показатели типичных хозяйств зоны;

"Технологии" – массив данных, описывающих технологии возделывания всех культур в каждом типичном хозяйстве каждой зоны.

Целью использования комплекса задач "Проектирование элементной базы СМ" (ПЭБ) является выявление отдельных типов машин, которые могут быть целесообразны в составе СМ для комплексной механизации растениеводства, определение эксплуатационных показателей отдельных машин и агрегатов при определенных условиях их использования, расчет различных оценочных показателей отдельных машин.

Комплекс задач ПЭБ включает три варианта расчетов.

Во-первых, все действующие, разработанные и предлагаемые типы машин, описанные определенным образом в "Справочнике машин" и сопоставленные функционально (по виду выполняемых ими операций

и по зоне, где они могут быть применены, в это необходимые атрибуты описания машин всех типов в "Справочнике машин") сопоставляется путем расчета частных и обобщающих коэффициентов эффективности, на основании чего устанавливается целесообразность корректировки системы машин по определенным позициям.

Во-вторых, рассматривается пересечение данных "Справочника машин" и "Базы технологий" и устанавливается для каждой операции, каждого типа хозяйства и каждой зоны, какие типы машин могут быть применены из тех, что есть в утвержденной системе машин, разработаны в нашей стране и за рубежом, предлагается для разработки, т.е. проявляется функциональная полнота СМ.

В результате выполнения комплекса задач ПЭБ система САПР СМ выдает требование на включение в систему машин определенных позиций либо для того, чтобы были технические средства для выполнения еще не обеспеченных техникой определенных операций при определенных условиях, либо чтобы были машины с более высокими оценками по потребительным свойствам.

В-третьих, с использованием определенных математических моделей осуществляется "наложение" на конкретные условия эксплуатации различных новых машин, в результате чего устанавливаются ожидаемые значения эксплуатационных показателей новых машин и агрегатов на выполнении отдельных операций.

Комплексом задач "Встраивание машин в систему" (ВМС) производится проверка эффективности новых машин путем встраивания их в эксплуатационные системы сельскохозяйственной техники (ЭССТ) следующих типов: тракторный технологический агрегат (ТА), группа взаимодействующих машин для выполнения поточного технологического процесса (ГМ), комплекс машин для возделывания определенной сельскохозяйственной культуры (КМ), набор машин к трактору или энергетическому средству другого типа (НМ), парк машин типичного хозяйства определенной зоны (ПМ), зональная система машин для комплексной механизации растениеводства (ЗС). Каким именно процедурам встраивания должны быть применены для проверки эффективности определенной машины, решается в соответствии с видом данной машины (энергетическое средство, специальная машина для определенной культуры, универсальная машина). Все такие процедуры встраивания осуществляются с использованием специальных алгоритмов моделирования и оптимизации ЭССТ указанных типов.

Комплекс задач "Концептуальное конструирование вариантов СМ"

(КЗВ) функционирует как средство систематизированного хранения результатов расчетов по комплексу задач ВМС, облегчающего специалисту, проектирующему СМ, задачу достигнуть, во-первых, действительную полярность альтернативных вариантов, чтобы было из чего осуществлять выбор оптимальных вариантов, а во-вторых, полноту таких альтернативных вариантов, чтобы было сравнение не машины с машиной, а системы с системой. Это осуществляется тем путем, что сначала фиксируются те или иные возможные концептуальные свойства альтернативных вариантов СМ, потом эти альтернативные варианты развиваются в определенные типы машин. В свою очередь такие типы проверяются встраиванием в различные ЭОСТ, в результате чего устанавливаются определенные эксплуатационные показатели новых вариантов техники.

Оценка альтернативных вариантов СМ дается с использованием комплекса задач "Технико-экономическая оценка вариантов системы машин" (ТЭО). Для этого все данные об альтернативных вариантах системы машин, полученные при разработке элементной базы СМ, встраивании машин в различные подсистемы, концептуальном проектировании СМ концентрируются в определенной структуре данных, отражающей также объемные связи (объемы работ на каждой операции с количеством используемой техники), - матричной модели системы машин (ММС). Использование этой модели позволяет вычислить оценочные показатели для каждого альтернативного варианта СМ: стоимость, металлоемкость, затраты труда и средств на возделывание с.-х. культур, требующаяся численность работников. При необходимости рассчитывается свертка этих показателей. Таким образом, каждому альтернативному варианту СМ комплексом задач ТЭО дается развернутая технико-экономическая характеристика.

Подобно тому, как технико-экономическая оценка дается предлагаемым вариантам СМ, те же показатели по тем же программам комплекса задач ТЭО рассчитываются для реально эксплуатируемой в сельскохозяйственном производстве СМ, и это позволяет установить экономический эффект разработок по совершенствованию СМ.

Целью выполнения комплекса задач "Маркетинг сельскохозяйственной техники (МСТ)" является приведение в соответствие возможностей сельскохозяйственного производства в технике и воз-

можностей сельскохозяйственного машиностроения при достижении наибольшего экономического эффекта для потребителей техники, что в принципиальном отношении позволяет получить наибольший экономический эффект и производителям техники, так как только экономически крепкое, высокоприбыльное сельское хозяйство может обеспечить устойчивыми и полностью оплачиваемыми заказами сельскохозяйственного машиностроения.

В комплекс задач МСТ входит выявление уровня обеспеченности машинами различных типов по зонам и регионам, прогнозирование возможного уровня общих капитальных вложений на сельскохозяйственную технику, определение сравнительного экономического эффекта у потребителя при приобретении различных типов машин и прогнозирования на этой основе спроса на сельскохозяйственную технику. Кроме того, комплексом задач МСТ оцениваются различные варианты капиталовложений в развитие сельскохозяйственного машиностроения и использования ресурсов конструкторских организаций с целью выбора такого варианта, который дает программу выпуска сельскохозяйственной техники с наибольшим значением суммарного экономического эффекта у потребителей и производителей техники.

Функционирование рассмотренных комплексов задач осуществляется на основе определенных методов анализа и оптимизации эксплуатационных систем сельскохозяйственной техники (ЭОСТ).

ЭОСТ - это создаваемые для выполнения технологических процессов в сельском хозяйстве различные по своим конкретным функциям совокупности тракторов, самоходных и агрегируемых сельскохозяйственных машин, в которых взаимозависимость отдельных машин проявляется либо при их непосредственном взаимодействии, либо как результат определенных экономических и организационных условий и требований. Непосредственное взаимодействие машин может иметь место, когда они входят в состав определенных физических объектов (например, в состав парка сельскохозяйственного предприятия), а взаимозависимость, как результат определенных экономических и организационных условий и требований, когда рассматривается необходимый тип машин для механизации растениеводства при всех различных зональных условиях.

В предложенной для решения различных задач по обоснованию типов и использования сельскохозяйственной техники совокупности формализованных описаний ЭОСТ рассматриваются следующие шесть

типов:

"Технологический агрегат" (ТА) - система технических средств, состоящая из трактора и определенного числа механически присоединенных к нему машин-орудий, используемая для выполнения одного или нескольких видов технологических или транспортных операций, которая описывается: характеристиками процесса - перечнем операций $\{I_{jt}\}$, на которых может быть использован агрегат, состоящий из трактора j -го типа и машин-орудий S -го типа при n -м варианте эксплуатационных условий; описанием элементов системы - техническими параметрами машин, показателями их надежности и долговечности, качественными показателями выполнения рабочего процесса при различных состояниях обрабатываемого материала; составом системы - типом трактора j и количеством используемых в агрегате с ним машин каждого S -го типа N_s .

"Группа машин" (ГМ) - система, состоящая из машин двух или более типов, таких, что осуществить определенную часть технологического процесса они могут только во взаимодействии, выполняя обслуживание друг друга, которая описывается характеристиками процесса - количеством обрабатываемого продукта каждого ℓ -го вида в расчете на единицу площади возделывания данной культуры Q_ℓ ; перечнем операций $\{I_\ell\}$, которые проходит каждый ℓ -й продукт; составом системы - количеством машин j -го типа q_j , каждый из которых предназначен для выполнения определенных операций из совокупностей $\{I_\ell\}$; характеристиками элементов системы - перечнем состояний $\{P_j\}$, в которых могут находиться машины j -го типа, длительностью пребывания машины в каждом таком состоянии; описанием взаимодействия элементов системы - правилами перехода машин каждого типа из одного состояния в другое. Требования к системе состоят в обеспечении заданной интенсивности выполнения определенных работ (определенного объема работ за установленный срок).

"Комплекс машин" (КМ) - система, состоящая из нескольких специальных самоходных, навесных или прицепных машин, используемых на протяжении годового цикла работ на возделывании определенной культуры, которая описывается характеристиками технологического процесса - перечнем последовательно выполняемых операций $\{P\}$, коэффициентами объема работ на каждой i -й операции, по которым этот объем может быть установлен, исходя из площади возделывания

данной культуры F ; условиями по взаимодействию элементов системы - требованиями по выбору определенных машин для выполнения отдельных операций, состоящими в том, что если на какой-либо предыдущей i -й операции была применена машина определенного j -го типа, то на отдельных последующих $(i+k)$ -х операциях могут быть использованы только машины ограниченного перечня машин $G_{i,k} \in G_{jk}$, где G_{jk} - полный перечень машин, пригодных для выполнения $(i+k)$ -й операции; описанием элементов системы - объемом работ Q_{ij} , который может быть выполнен на i -й операции машинами каждого j -го типа и затратами на единицу объема работ $C_{ij} = f(F)$; составом системы - количеством машин каждого j -го типа n_j .

"Парк машин" (ПМ) - система, состоящая из тракторов и других энергетических средств, самоходных, прицепных и навесных машин, предназначенная для выполнения всего комплекса работ в растениеводстве, на обслуживании животноводства и на общехозяйственных работах в подразделении хозяйства, хозяйстве или некоторой их совокупности, которая описывается: требованиями к системе - характеристикой годового цикла работ, которая включает планы о площадях возделывания всех культур каждой ℓ -й культуры (перечень всех выполняемых при возделывании этой культуры операций $\{I_\ell\}$ с указанием их последовательности, календарных сроков проведения, потерь урожая за каждый день превышения установленной продолжительности данной операции $L_{i\ell}$, правил расчета объема работ на каждой i -й операции $Q_{i\ell}$); характеристиками элементов системы - показателями применения машин (агрегатов) каждого j -го типа на каждом i -м виде работ (производительность P_{ij} , затраты на единицу объема работ C_{ij}); описанием взаимодействия элементов системы - правилами распределения объемов работ на различных операциях между машинами различных типов; описанием состава системы - количеством машин различных типов в составе парка n_j .

"Набор машин" (НМ) - система, состоящая из трактора (или другой энергомашины) определенного типа и нескольких одновременно или поочередно используемых с ним навесных или прицепных машин, одновременно поставляемых в хозяйство, для описания которой указываются требования к системе - описание количества тракторов нового типа, которое будет использовано на выполнении

работ каждого i -го вида, X_{ij} ; описание элементов системы - состав агрегатов с тракторами нового типа (количество машин каждого S -го типа, которые используются в агрегате с трактором нового j -го типа на каждой i -й операции $X_{ij}^{(S)}$), производительность P_{ij} , затраты на единицу объема работ C_{ij} и снижение затрат на единицу объема работ по сравнению с трактором заменяемого типа C_{ij}^* ; описание взаимодействия элементов системы - общие ограничения по стоимости всех машин, приобретаемых в данном плановом периоде; описание состава системы - количество приобретаемых тракторов X_j и агрегируемых машин $X_j^{(S)}$, либо правила определения дополнительно требуемого количества агрегируемых машин каждого S -го типа $X_j^{(S)}$, исходя из количества приобретаемых тракторов новых типов X_j , имеющегося в хозяйстве количества агрегируемых машин $a_j^{(S)}$, допустимой суммы затрат на все приобретаемое количество новых машин R .

"Зональная система машин для комплексной механизации растениеводства" (ЗС) - система, которую составляет перечень всех тракторов и других энергетических машин, самоходных, навесных и прицепных машин, предназначенных для выполнения всего комплекса операций в растениеводстве, обслуживания животноводства и общехозяйственных работ во всей совокупности хозяйств определенной зоны, региона или всей отрасли сельскохозяйственного производства и которая характеризуется такими данными: описанием требований к системе - перечнем всех видов работ $\{I_r\}$, которые должны выполняться в каждой n -й зоне при каждом возможном L -м варианте условий эксплуатации техники (природных, организационных и др.); описанием элементов системы - техническими параметрами каждой j -й машины, перечнем работ $\{I_r\}$, которые могут выполняться каждой j -й машиной, количественными и качественными показателями ее применения на работах каждого i -го вида при всех рассматриваемых условиях эксплуатации; описанием взаимодействия элементов системы - коэффициентами распределения общего объема работ на операции i -го вида в n -й зоне между машинами всех типов $f_{ij,n}$; составом системы - номенклатурой типов (марок, модификаций) машин.

Критериями оценки вариантов рассматриваемых систем являются прямые эксплуатационные затраты, капитальные затраты, приведенные затраты, затраты труда, потребность в механизаторах, головной состав (выработка) машин, металлоемкость входящих в систему ма-

шин, расход горюче-смазочных материалов и некоторые другие показатели, которые рассчитываются для сопоставимого объема работ. При этом различные конкретные особенности эксплуатации сельскохозяйственной техники могут быть рассмотрены на основе анализа определенных ЭССТ: типа ТА - производительность и затраты для различных по составу агрегатов при заданных условиях эксплуатации техники; типа ПМ - взаимное техническое соответствие совместно работающих машин, стабильность выполнения определенного вида работ группой машин; типа КМ - технологическую совместимость различных машин и агрегатов, последовательно используемых на возделывании определенной культуры, и их соответствие объему производства этой культуры, типа ПМ - соответствие количества и типов машин объемам производства культур, требуемым срокам выполнения работ; типа ИМ - комплектность поставки машин, согласованность количества поступающих в хозяйство энергомашин и предназначенных для использования с ними агрегируемых машин различных типов; типа ЗС - обеспеченность всех видов работ при всех зональных условиях определенными типами машин, соответствие разнообразия этих типов определенным экономическим и организационным требованиям.

Может быть предложена следующая система математических моделей, позволяющая охватить все рассматриваемые типы ЭССТ на всех уровнях их функционирования: имитационная модель производительности тракторного агрегата (ИТА), имитационная модель функционирования группы взаимодействующих машин (ИГМ); детерминированная оптимизационная модель парка машин (СМ); балансовая модель парка машин (БМ); имитационная модель функционирования парка машин (ИМП); динамическая модель развития и обновления парка машин (ДМП); агрегативная модель системы машин для комплексной механизации растениеводства (АМС); матричная модель системы машин для комплексной механизации растениеводства (ММС).

Имитационная модель производительности тракторного агрегата (ИТА) основана на сочетании имитации движения агрегата и расчете его производительности с учетом затрат времени на все элементы технологического цикла операций. Предполагается, что агрегат работает на максимально возможной рабочей скорости, не превышающей допустимую по агротехническим требованиям. Каждое поле, применительно к которому путем имитационного моделирования про-

берется данный вариант состава агрегата, описывается определенным числом проходов по длине гона. При этом каждый γ -й проход задается, исходя из конфигурации и рельефа поля, как определенная последовательность $\{I\}$ участков, каждый из которых характеризуется длиной L_i и углом наклона α_i . При моделировании прохождения данного участка выбирается очередное (вначале максимально допустимое) значение скорости движения. Затем по удельному сопротивлению почвы и ширине захвата рассчитывается тяговое сопротивление машины-орудия при данном значении скорости R_m . По значению R_m устанавливается требуемая мощность трактора для движения агрегата с данной скоростью $N_{\text{треб}}$. Проверяется

$$N_{\text{треб}} \leq \gamma N_{\text{двиг}},$$

где $N_{\text{двиг}}$ - заданная мощность трактора рассматриваемого типа; γ - коэффициент запаса мощности трактора.

Вторая проверка рассматриваемого значения скорости прохождения i -го участка V_i проводится по буксованию:

$$\delta_i = f(G_m, R_m, V_i) \leq \delta_{\text{доп}},$$

где $\delta_{\text{доп}}$ - допустимый коэффициент буксования; G_m - масса трактора.

Если оба указанные условия выполняются, принимается, что агрегат проходит данный i -й участок длины гона с рассматриваемым значением скорости V_i . Если какое-либо из этих двух условий не соблюдается, задается меньшее значение скорости и вычисления повторяются. Для каждого i -го участка проверяется также не потребуются ли при его прохождении заправка агрегата вносимым материалом. Рассчитывается время, затраченное на выполнение каждого прохода, и по данным тяговой характеристики устанавливается расход ГСМ. С использованием такой процедуры устанавливаются затраты на обработку всей площади поля.

Имитационная модель функционирования группы взаимодействующих машин (ИМГ) разработана с учетом того, что системами типа ИМ выполняются преимущественно транспортно-технологические процессы. Принято, что одновременно могут обрабатываться один или два вида материалов. Каждый из материалов транспортируется предназначенным для него видом транспортных средств. Комбайн (или другая технологическая машина) может не иметь бункеров, либо иметь один или два бункера для каждого обрабатываемого материала. Если для накопления какого-либо материала на комбайне нет бункера, то предполагается, что рабочий процесс выполняется совместно с

рядом идущим транспортным средством. Агрегатируемый с комбайном принцип для накопления определенного материала рассматривается как заменяемый бункер. Чтобы обеспечить соответствие ИМГ конкретному варианту систем, используются типизированные модели машин и типизированные варианты организационных правил выполнения работ. Это дает однозначный переход от описания ЭССТ типа ПМ к моделям этих систем путем определенной настройки специально разработанной универсальной системы моделирования поточных процессов.

Алгоритм моделирования построен так, что фиксируются моменты изменения состояния машин. Развитие состояния отдельной машины для отдельной пары совместно работающих машин прослеживается до тех пор, пока состояния этих машин не влияют на систему в целом. Когда это происходит, алгоритм переключается на просмотр массивов данных, отражающих состояние всех машин. В процессе моделирования работы определенной группы машин для установленного количества смен подсчитывается общая продолжительность функционирования всего количества машин каждого j -го типа T_j и продолжительность их простоев (в ожидании обслуживания, вследствие отказов и по другим причинам) t_j , а также объем выполненной работы A , который определяется, исходя из общего чистого рабочего времени всех комбайнов и их производительности. По этим данным рассчитываются затраты на выполнение всего объема работ

$$C = \sum (r_j T_j + p_j t_j),$$

где r_j и p_j - эксплуатационные затраты на 1 ч соответственно функционирования и простоя машин j -го типа, а также критерии оценки вариантов рассматриваемой ЭССТ:

$$K = \sum N_j g_j \varphi_j; \quad \eta = \frac{T_j}{T_j + t_j}; \quad c = \frac{C}{A},$$

где K - стоимость требуемой техники; η - коэффициент использования рабочего времени машинами j -го типа; C - затраты на выполнение единицы объема работ; N_j - количество машин j -го типа в составе группы; g_j - стоимость машины j -го типа; φ_j - коэффициент, показывающий, какая часть стоимости машин j -го типа должна быть отнесена с учетом годовой загрузки этих машин к рассматриваемому технологическому процессу.

Детерминированная оптимизационная модель парка машин (ОМП) сформулирована как задача линейного программирования, где тре-

буется найти неотрицательные значения x_j и x_{ijk} , так, что выполняются условия:

$$\sum_{k=1}^K x_{ijk} p_{ijk} \geq q_{ik} \quad (i=1, 2, \dots, m; \quad k=1, 2, \dots, K);$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ijk} \leq x_j \quad (j=1, 2, \dots, G; \quad k=1, 2, \dots, K)$$

и минимизируется значение функционала

$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^G \sum_{k=1}^K c_{ijk} x_{ijk} + \sum_{j=1}^G c_j x_j,$$

где x_j — количество энергомашин j -го типа в оптимальном составе парка; x_{ijk} — количество агрегатов с энергомашинами j -го типа, которое по оптимальному плану должно быть занято на выполнении i -й операции k -го периода; p_{ijk} — производительность агрегата с энергомашиной j -го типа на i -й операции k -го периода; q_{ik} — объем работ на i -й операции k -го периода; m_k — количество операций, выполняемых в k -м периоде; G — количество рассматриваемых типов энергомашин; c_{ijk} — непосредственные затраты при работе агрегата с энергомашиной j -го типа на i -й работе на протяжении k -го периода; c_j — затраты на приобретение и содержание в хозяйстве одной машины j -го типа в расчете на один год ее использования.

Для более эффективного, чем при использовании стандартных методов, нахождения смешанно-целочисленного решения данной задачи могут быть предложены методы, основанные на учете определенных особенностей этой задачи: последовательная схема решения и метод дифференцированных прокатных оценок. Решение задачи с использованием последовательной схемы основывается на алгоритме оптимального распределения некоторого парка машин на всех операциях отдельного периода, причем, если этот парк недостаточен для выполнения всех операций, определяется его оптимальное дополнение. При использовании метода дифференцированных прокатных оценок машин вначале отыскивается вариант парка с наименьшими непосредственными затратами на выполнение всего комплекса работ. Затем рассчитываются дифференцированные прокатные оценки для каждой i -й по счету в составе парка энергомашины каждого j -го типа в каждом k -м периоде

$$\omega_j^{ik} = c_j \frac{\varphi(x_{ijk} - e)}{\sum_k \varphi(x_{ijk} - e)},$$

где c_j — годовые затраты на приобретение и содержание в хозяйстве одной машины j -го типа; x_{jk} — количество машин j -го типа, используемых в k -м периоде; $\varphi(x)$ — функция единичного скачка, такая, что

$$\varphi(x) = \begin{cases} 0, & x < 0; \\ 1, & x \geq 0. \end{cases}$$

Устанавливаемые для каждого плана выполнения работ значения дифференцированных прокатных оценок позволят выбрать по $\max \omega_j^{ik}$ определенный вариант наиболее эффективного сокращения парка на $1/j$ единиц машин определенного j -го типа. Если при таком варианте сохраняется возможность выполнить все работы каждого из периодов, а рост непосредственных затрат на выполнение работ не превышает экономии на затратах, связанных с приобретением и содержанием машин, то такой вариант принимается и снова ищется дифференцированные прокатные оценки для нового плана работ. Если же какое-либо из этих условий не выполняется, количество машин j -го типа фиксируется. Процесс расчетов заканчивается, когда зафиксировано количество энергомашин всех типов.

Балансовая модель парка машин (БМ) построена на соответствии количества и производительности машин объемам работ, которые должны быть ими выполнены в наиболее напряженные по загрузке этих машин периоды. В этой модели используются заранее установленные перечни работ, выполняемых машинами каждого j -го типа в пиковых периодах их загрузки $\{I_j\}$, и коэффициенты для подсчета объема этих работ, исходя из площадей возделывания сельскохозяйственных культур; λ_{je} — технологический коэффициент объема работ, показывающий требуемый объем работ на i -й операции в расчете на единицу площади возделывания e -й культуры, и f_{ij} — коэффициент распределения объема работ, показывающий какая его часть на i -й операции выполняется машинами j -го типа. Это позволяет для определения требуемого количества машин каждого типа в составе парка использовать следующие балансовые соотношения:

$$x_{ije} p_{ije} t_{ie} = p_e \lambda_{ie} f_{ij}, \quad (i=1, 2, \dots, I; \quad j=1, 2, \dots, G; \quad e=1, 2, \dots, E),$$

где x_{ije} — количество агрегатов с энергомашинами j -го типа, используемых в данном пиковом периоде на i -й операции по возделыванию e -й культуры; p_e — площадь возделывания e -й культуры; t_{ie} — допустимый срок выполнения i -й операции по возделыванию e -й культуры; p_j — дневная выработка агрегата с энергомашиной

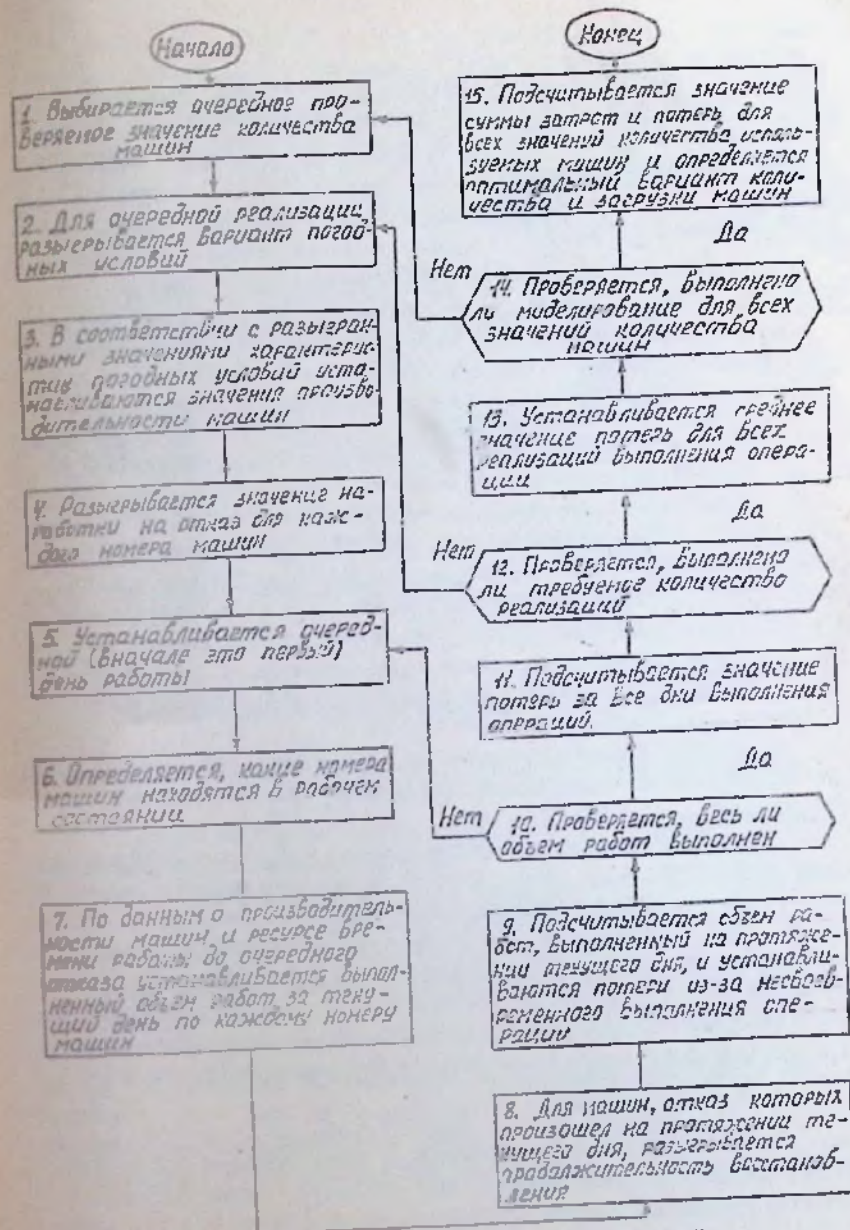
j -го типа на i -й операции. Количество агрегируемых прицепных и навесных машин устанавливается исходя из количества требующихся агрегатов.

Имитационная модель функционирования парка машин (ИМП) разработана с учетом изменчивости погодных условий и вероятностного характера производительности, наработки на отказ и продолжительности восстановления машин. В результате выполнения определенного числа реализации модели устанавливаются для проверяемых вариантов парка технологических машин и средств технического обслуживания средние значения обобщающего критерия - суммы приведенных затрат и потерь (надобора урожая культур в стоимостном выражении) при выполнении годового цикла работ.

$L = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m C_{ij} T_{ij} + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m E_{ij} q_{ij} N_i + E \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m q_{ij} N_i \sum_{k=1}^K f_{ik} \xi_{ik}$,
где C_{ij} - прямые затраты в расчете на 1 ч работы агрегата (машин) j -го типа на i -й операции; T_{ij} - продолжительность работы всех агрегатов (машин) j -го типа на i -й операции на протяжении годового цикла работ; E_{ij} - прямые затраты на 1 ч работы средств технического обслуживания j -го типа; T_{ij} - продолжительность работы всех средств технического обслуживания j -го типа на протяжении годового цикла работ; E_{ij} - коэффициент отчислений на реновацию машин (средств технического обслуживания) j -го типа; q_{ij} - балансовая стоимость одной машины (средства технического обслуживания) j -го типа; N_i - количество машин (средств технического обслуживания) j -го типа в составе парка; E - коэффициент нормативной эффективности капитальных затрат; q_{ik} - объем работ, выполненный на i -й операции по возделыванию k -й культуры с задержкой на K дней; ξ_{ik} - потери (в цуб/га) из-за продления работ по i -й операции возделывания k -й культуры на K дней.

В упрощенном варианте, когда рассматривается выполнение определенным парком машин одной технологической операции, эта модель может быть применена для обоснования оптимальной годовой загрузки специальных машин (см. рисунок), а когда рассматривается выполнение различных работ на протяжении года одним-двумя тракторами - для обоснования наборов машин для небольших хозяйств фермеров или арендаторов.

Динамическая модель развития и обновления парка машин (ДМП) разработана с учетом возможных вариантов поэтапного перехода от состава парка $\{K_j\}$ на начальный t_0 -й этап планового периода



Имитационная модель выполнения отдельной технологической операции

к составу парка $\{X_j\}$ для завершающего T -го этапа. Эта модель формулируется как задача динамического программирования: путем выбора значений q_{jt} для всех $j=1, \dots, G$ и всех $t=t_0, \dots, T$ максимизировать значение функционала

$$C = \sum_j \sum_t C_{jt} r_{jt},$$

при условиях

$$\sum_j q_{jt} r_{jt} \leq R_t, \quad (t=t_0, \dots, T),$$

где

$$C_{jt} = f(x_j^{opt} - x_{jt}), \quad (j=1, 2, \dots, G, \quad t=1, 2, \dots, T);$$

$$x_{jt} = x_{j,t-1} + r_{jt} - p_{jt}, \quad (j=1, 2, \dots, G, \quad t=1, 2, \dots, T),$$

$$p_{jt} = \varphi(x_{jt}, t), \quad (j=1, 2, \dots, G, \quad t=1, 2, \dots, T).$$

Здесь x_{jt} - количество машин j -го типа, которые приобретаются на t -м этапе периода планирования; C_{jt} - экономический эффект, достигаемый благодаря применению одной машины j -го типа (увеличение количества продукции в стоимостном выражении за вычетом затрат на использование этой машины); q_{jt} - стоимость одной машины j -го типа; R_t - лимит затрат на приобретение новых машин для t -го этапа планового периода; x_j^{opt} - потребность в машинах j -го типа при оптимальном составе парка, установленном для всего планового периода; p_{jt} - количество списываемых машин j -го типа для t -го этапа планового периода, устанавливаемое по постоянному нормативу списания.

При некотором видоизменении этой модели, когда рассматривается парк машин одного типа, оказывается возможным устанавливать оптимальные сроки замены машин.

Агрегативная модель системы машин для комплексной механизации растениеводства (ММС) предложена как определенное расширение модели СМП на случай совместного рассмотрения L типичных хозяйств, позволяющее агрегатировать с использованием определенных коэффициентов L масштабно оптимальный парк для всей совокупности типичных хозяйств в систему машин для отрасли сельскохозяйственного производства. Эта модель реализуется как итеративный процесс, при котором получаемые результаты по системе машин в целом влияют на значения коэффициентов

$$C_j = f(\sum_L d_L x_{jL}); \quad C_{ij} = \varphi(\sum_L d_L x_{jL}),$$

где C_j - годовые затраты, связанные с приобретением и содержанием в хозяйстве одной машины j -го типа; C_{ij} - непосредственные затраты на единицу объема работ на L -м виде работ с использова-

нием j -й машины (агрегата); d_L - коэффициент масштабности L -го типичного хозяйства при переходе ко всей совокупности хозяйств; x_{jL} - количество машин j -го типа в оптимальном составе парка для L -го хозяйства, используемых при определении оптимального парка для каждого отдельного хозяйства, и который состоит в последовательном уточнении этих коэффициентов и получении на основе этого согласованных решений; частных - для отдельных типичных хозяйств и общего - для системы машин в целом.

Матричная модель системы машин для комплексной механизации растениеводства (ММС) предложена для расчета технико-экономических показателей этой системы на основе заданного распределения объемов работ на различных операциях в различных зонах между различными типами машин. Оценка рассматриваемых вариантов осуществляется по совокупности критериев:

потребность в кадрах механизаторов

$$Q = \sum_n \max \sum_j \sum_i W_{ij} X_{ijn},$$

где

$$X_{ijn} = \sum_p \frac{S_{ijn} R_{ijn} P_{ijn}}{L_{ijn} P_{ijn}};$$

стоимость всей системы машин

$$F = \sum_n \sum_j q_s X_{sn},$$

где

$$X_{sn} = \max \sum_j \sum_i d_{sij} X_{ijn};$$

металлоемкость всей системы машин

$$M = \sum_n \sum_j m_s X_{sn};$$

затраты труда на весь комплекс работ в растениеводстве

$$W = \sum_n \sum_j \sum_i \sum_L \sum_k \sum_p \frac{W_{ijLk} R_{ijn} P_{ijn}}{P_{ijn}};$$

прямые эксплуатационные затраты на выполнение всего комплекса работ в растениеводстве

$$C = \sum_n \sum_j \sum_i \sum_L \sum_k \sum_p C_{ijn} E_{ijn} R_{ijn} P_{ijn};$$

потребность в горюче-смазочных материалах

$$V = \sum_n \sum_j \sum_i \sum_L \sum_k \sum_p V_{ijn} E_{ijn} X_{ijn} R_{ijn} P_{ijn};$$

приведенные затраты на выполнение всего комплекса работ в растениеводстве

$$\bar{C} = C + EF,$$

где E_{ijn} - коэффициенты распределения всего объема работ на i -й операции в n -й зоне между агрегатами с различными типами энергомашинами; R_{ijn} - технологические коэффициенты объема работ на i -й операции в n -м периоде при возделывании L -й культуры по

Γ - му варианту технологии в n -й зоне; W_{ij} - количество рабочих, обслуживающих агрегат с энергомашиной j -го типа на i -й операции; $P_{\Gamma ij}$ - площадь возделывания i -й культуры по Γ -й технологии в n -й зоне; $t_{\Gamma ij}$ - продолжительность выполнения i -й операции по возделыванию i -й культуры по Γ -й технологии в n -й зоне; P_{ij} - производительность агрегата с энергомашиной j -го типа на i -й операции в n -й зоне; q_s - стоимость одной машины s -го типа; z_{sij} - количество машин s -го типа, используемых в агрегате с энергомашиной j -го типа на i -й операции; m_s - масса одной машины s -го типа; C_{ij} - прямые затраты на выполнение единицы объема работ; K_{ij} - расход горюче-смазочных материалов на выполнение единицы объема работ по i -й операции агрегатом с энергомашиной j -го типа в n -й зоне; E - коэффициент нормативной эффективности капитальных затрат.

Эта модель может быть, таким образом, представлена в виде таблиц, повторенных для различных зон, культур и вариантов технологии, где переменные величины P_{ij} находятся на пересечении строки, относящейся к i -й операции, и столбца, относящегося к j -му типу энергомашины, где также организована основная часть нормативных и справочных данных (величины P_{ij} , z_{sij} , W_{ij} , C_{ij} , V_{ij}).

При практических расчетах и в исследованиях по Системе машин с использованием САПР СМ предложенная система моделей позволяет оценивать соответствие технических параметров агрегатов конкретным условиям их эксплуатации (модель ИТА), обосновывать оптимальный тип машин и схемы выполнения поточных технологических процессов (модель ИМТ), осуществлять расчетное наложение различных предлагаемых вариантов новой техники и организации использования машинно-тракторного парка на условиях различных хозяйств и их подразделений (модель СМП), определять требуемую оснащенность хозяйств машинами различных типов с учетом их надежности и колебаний погодных условий (ИМТ), обосновывать оптимальные темпы замены машин новыми (модель ДМТ), устанавливать технико-экономические показатели перспективных вариантов системы машин для комплексной механизации растениеводства в целом (модель АМС и ММС).

Дальнейшие вопросы связаны с обоснованием объемов производства машин различных типов, входящих в Систему. Определенной основой для решения этих вопросов являются нормативы потребности в сельскохозяйственной технике для растениеводства, которые разрабатываются на каждый плановый период. Но эти нормативы имеют

тот недостаток, что исходя из методики их разработки, устанавливаемых по ним количество машин каждого типа не связано с экономической эффективностью расширения их использования.

Если исходить из последовательного осуществления принципов рыночной экономики, масштабы производства и применения машин каждого типа обуславливается экономическим эффектом, который они дадут (и изготовителям, и потребителям сельскохозяйственной техники). То есть количество выпускаемых машин, их цена, себестоимость изготовления и экономический эффект использования каждой дополнительной машины оказываются взаимосвязанными величинами. Причем, тут определяющими являются две функции: себестоимости изготовления от масштабов производства и экономического эффекта применения от масштабов использования. Цена машины выступает фактором, который приводит количество выпускаемых и количество требующихся машин к одному значению.

Экономический эффект от дополнительного количества сельскохозяйственных машин определенного типа устанавливается как сумма двух составляющих:

1. увеличения производства продукции растениеводства

$$L_1 = \sum_i \sum_j f_{ij} q_{ie} (P_{ie} - P_{ie}) + \sum_i \sum_j f_{ij} \left(\frac{S_{ie} V_{ie} T_{ie}}{2 \cdot 100} - \frac{S_{ie} V_{ie} T_{ie}}{2 \cdot 100} \right),$$

где f_{ij} - закупочная цена i -й культуры, руб./ц; q_{ie} - повышение урожайности i -й культуры благодаря выполнению дополнительной i -й операции, ц/га; P_{ie} , P_{ie} - площадь, на которой выполняется дополнительная i -я операция, соответственно при предлагаемом и базовом вариантах количества машин данного типа, га; V_e - средняя урожайность i -й культуры в данных зональных условиях при выполнении всех операций в требуемые агротехнические сроки, ц/га; S_{ie} , S_{ie} - площадь возделывания i -й культуры, на которой i -я операция выполнена с превышением срока соответственно при базовом и предлагаемом вариантах; q_{ie} - коэффициент потерь урожая при превышении агротехнического срока выполнения i -й операции по возделыванию i -й культуры, проц./день; T_{ie} , T_{ie} - превышение агротехнического срока выполнения i -й операции по возделыванию i -й культуры соответственно при предлагаемом и базовом вариантах количества машин, дней;

2. изменения затрат на возделывание сельскохозяйственных культур

$$L_2 = \sum_i C_i (n_i - \bar{n}_i) + \sum_j \sum_i C_{ij} (q_{ij} - \bar{q}_{ij}),$$

где C_j - затраты, связанные с приобретением и содержанием в хозяйстве одной машины j -го типа в расчете на один год, руб;
 $n_j, \bar{n}_j$ - количество машин j -го типа в составе системы, соответственно для предлагаемого и базового вариантов, шт; G_{ij} - затраты на единицу объема работ при выполнении i -й операции машинами j -го типа; $Q_{ij}, \bar{Q}_{ij}$ - объем работ на i -й операции, выполняемой машинами j -го типа, соответственно при предлагаемом и базовом вариантах количества машин.

Значение каждой из этих составляющих зависит не только от того, какое количество машин данного типа добавляется, но и от того, каким оказывается уровень обеспеченности (насыщенности) сельскохозяйственного производства машинами данного типа. И поэтому для разных условий сельскохозяйственного производства целесообразно рассматривать величины C_{ij} - экономический эффект от использования одной дополнительной машины j -го типа для i -го интервала уровня обеспеченности.

Тогда один из способов прогнозирования спроса на машины различных типов - расчет для каждой зоны оптимальной структуры закупки сельскохозяйственной техники, т.е. таких значений закупаемого количества машин каждого j -го типа x_j , что

$$x_j \leq x_j^{opt} - n_j; \quad x_j = \sum x_{ij}; \quad \sum f_j x_j \leq P,$$

при которых достигается максимум функция

$$L = \sum \sum C_{ij} x_{ij},$$

где x_j^{opt} и n_j - количество машин j -го типа соответственно при оптимальном и фактическом составе машинно-тракторного парка; x_{ij} - количество закупаемых машин j -го типа, соответствующих i -му интервалу уровня обеспеченности этими машинами; f_j - стоимость одной машины j -го типа; P - общая сумма допустимых затрат на приобретение машин; C_{ij} - экономический эффект от использования одной дополнительной машины j -го типа при i -м интервале уровня обеспеченности машинами этого типа.

Второй способ, обычно используемый при маркетинге, - анализ временных рядов, при котором спрос на машины определенного типа в $t+1$ -м периоде определяется по формуле

$$Q_{t+1} = aQ_t + (1-a)\bar{Q}_t,$$

где Q_{t+1} - прогнозируемый спрос для $t+1$ -го периода; a - коэффициент сглаживания, $0 \leq a \leq 1$; Q_t - фактический спрос в t -м периоде; $\bar{Q}_t$ - сглаженное значение спроса в t -м периоде.

Сглаживание фактических данных спроса с использованием определенных значений коэффициента необходимо, чтобы исключить случайные факторы и при этом выявить тенденции изменения спроса.

Эти два метода позволяют прогнозировать спрос и на основе этого определить рациональный уровень производства машин различного типа. Причем первый из этих методов позволит связать спрос на машины определенного типа с их ценой, от которой зависят значения коэффициентов эффективности C_{ij} . Средние (по зоне, области и т.п.) значения C_{ij} зависят также от того, как распределяются машины. Поэтому целесообразны специальные методы распределения ограниченного фонда на машины отдельных типов. При снижении цен на машины спрос на них возрастает не только потому, что на ту же общую сумму P может быть приобретено их большее количество, но и потому, что становятся более экономически эффективными затраты на дополнительное количество машин и эта общая допустимая сумма затрат может быть увеличена. Обратное явление происходит при увеличении цен на машины.

Предложенная систематизация эксплуатационных систем сельскохозяйственной техники, разработанные математические модели и программные средства их проактивирования и оптимизации опробованы при практических расчетах и дают в совокупности цельную методическую базу для совершенствования типажа сельскохозяйственных машин и повышения эффективности их использования в колхозах, совхозах, арендных бригадах и фермерских хозяйствах.

Академик ВАСХНИЛ
 И.С.Рункев
 (ВНИИТИЗЭС)

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОБОСНОВАНИЯ СИСТЕМЫ МАШИН

Как и в промышленности, научно-технический прогресс (НТП) в сельском хозяйстве является основой роста эффективности производства. НТП представляет собой освоение новых знаний и их практическое использование в производственной сфере путем разработки, создания и выпуска новых более эффективных технических средств. Таким образом, научно-технический прогресс - это взаимосвязанное

и поступательное развитие науки, техники и производства как продукта всеобщего процесса развития, общественного познания и интеллекта. Содержание НТП в сельском хозяйстве включает:

- производственно-техническое, экономическое и социальное направления развития, при которых совершенствуется техника и технология; организация производства работ, преобразовывается характер труда производителей;

- наиболее полное оснащение с.-х. производства новыми машинами и оборудованием, так по состоянию на 01.01.1981г. на производстве находилось 763 наименования новых машин, на 1.01.1986 г. их количество увеличилось до 1523, а на 1.01.1990г. их уже стало 1750, что бесспорно способствовало вооружению труда в сельском хозяйстве.

Однако, наряду с положительными выявились и негативные стороны, выразившиеся в низкой фондотдаче новой техники.

Причиной тому является наличие в основном большого количества узкоспециализированных машин и орудий при отсутствии комбинированных и универсальных, что усложняет эксплуатацию, обслуживание и ремонт техники; не обеспечивает выполнение комплекса сельскохозяйственных работ в агротехнические сроки, приводит к большим потерям урожая, низкой экономической эффективности существующей системы машин.

Низкая эффективность средств механизации в настоящее время объясняется неудовлетворительным качеством изготовления техники на предприятиях промышленности. Это важно отметить потому, что доля затрат, связанных с механизацией, при производстве продукции растениеводства, составляет 47-50%. Появилась необходимость в разработке и создании новой более эффективной системы машин для сельскохозяйственного производства. Теоретической основой разработки перспективной системы машин является требование к технике - обеспечить поточность выполнения технологических процессов производства. Поточный метод организации производства способствует внедрению прогрессивных технологий, а следовательно, обеспечивает повышение производительности труда и снижение себестоимости производимой продукции. При обосновании системы машин следует использовать системный подход, что обеспечивает поточность, пропорциональность, согласованность, равномерность и

непрерывность выполнения технологических процессов. Поэтому основные требования нового подхода к разработке системы машин можно сформулировать следующим образом. Система машин должна отвечать технологическим и природным особенностям сельского хозяйства и обеспечивать снижение: энергозатрат, металлоемкости, затрат живого труда. Новая система машин должна защитить почву от эрозии и снижения ее плодородия.

Приоритетными направлениями в создании системы машин является:

- создание совершенно новых средств механизации модульно-блочного типа, наделенных элементами унификации, универсализации и комбинирования за счет наличия гибких систем, позволяющих при небольших затратах труда формировать различные рабочие агрегаты.

Такой подход к разработке техники обеспечит сокращение номенклатуры средств механизации; металлоемкости на 30-50%; энергоемкости на 40-50%; потребности в механизаторских кадрах в 3-4 раза и эксплуатационных затрат на 20%.

Кроме того, решение этой проблемы требует тщательного изучения и учета многогранности сельскохозяйственного производства. Видимо, отличие системы машин в сельском хозяйстве от промышленности будет заключаться до некоторой степени в том, что кратковременность использования отдельных агрегатов и цикличность требует использования в широких масштабах универсальных и комбинированных машин, которые могут участвовать в производстве нескольких видов продукции в различные периоды года. Это не только отличает систему машин сельского хозяйства от промышленности, но и делает ее более эффективной и наиболее полно отвечающей требованиям технического прогресса.

Важнейшим методическим условием обоснования системы машин является оптимизация технологических процессов. Существующие методы оптимизации технологических процессов и комплексов машин, в части критерия оптимизации, требуют совершенствования. Критерий минимума приведенных затрат во многих случаях не отражает преимуществ при использовании новой техники в производстве.

Поэтому необходимы поиски и обоснование более гибких критериев оптимизации, учитывающих и общий объем производства, и качество производимой продукции. В порядке совершенствования

методики обоснования системы машин следует шире применять системный анализ. Так, для построения логико-математической модели оптимизации системы машин необходимо грамотно обосновать систему ведения сельского хозяйства как основы его функционирования. Необходимо учитывать рациональные формы и методы организации и управления производством, которые в значительной степени влияют на конечный результат.

Энерговооружение — решающий фактор производства, поэтому особое внимание должно быть обращено на оптимизацию состава машинно-тракторного парка. Оптимизация МТП должна исходить из условий удовлетворения следующих требований:

- в каждый период времени на каждой операции должно работать такое количество тракторов, которое обеспечит выполнение всего объема работ в установленные агротехнические сроки;

- в составе парка необходимо иметь такое количество тракторов каждого типа, которое будет достаточным для проведения работ в напряженный период;

- во всякий другой период должно работать такое количество тракторов, которое не превышает потребности в них в самый напряженный период года.

Это особенно важно для работ, выполняемых в земледелии.

Система машин сельскохозяйственного производства должна состоять из частных взаимосвязанных систем отдельных отраслей и подразделений колхозов и совхозов. Поэтому с учетом особенностей сельскохозяйственного производства система машин будет состоять из машин и агрегатов, обеспечивающих поточность выполнения отдельных или групп технологических операций, выполняемых одновременно или в разные периоды производства продукта. Вся система машин сельскохозяйственного производства будет представлена отдельными системами, входящими в единый механизированный комплекс сельскохозяйственного производства. Современное формулирование системы машин устарело и поэтому требует совершенствования.

Требуется решения и проверка эффективности системы машин в производственных условиях. Скажем прямо, что фактически эта работа не проводилась. Изучалась эффективность работы отдельных

машин. По результатам такой производственной проверки достоверных выводов по эффективности системы машин делать нельзя.

Видимо, следует производить оценку эффективности средств механизации в одном из подразделений модельных хозяйств (наиболее характерном по структуре производства) или, как минимум, производить проверку эффективности отдельных комплексов машин по отраслям с.-х. производства или возделываемым культурам.

Только грамотное научное обоснование системы машин для с.-х. производства в совокупности с достоверной апробацией последней в производственных условиях способны повысить эффективность разрабатываемой системы машин, сделают труд работников села более привлекательным и результативным.

В заключение хотелось бы обратить внимание на соблюдение строгого контроля за освоением промышленностью новой техники в точном соответствии с утвержденными агротехническими требованиями и техническими заданиями на создание новой техники. Отклонение от них и не соблюдение последних заведомо приведет к отрицательным последствиям, снизит эффективность системы машин и с.-х. производства в целом.

Доктор технических наук

Г.Г. Маслов

(Краснодарский ГАУ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МАШИН

Основой комплексной механизации является система машин. Разработанная для конкретных зональных условий, она позволяет реализовать возможности научно обоснованных систем земледелия и ведения сельского хозяйства, новых прогрессивных технологий, обеспечивающих повышение урожайности, производительности труда, снижение затрат, сохранность урожая, поточность производства, сокращение числа проходов машин по полю за счет совмещения операций, механизацию возделывания и уборки сельскохозяйственных культур в условиях контурного и почвозащитного земледелия.

Обоснование зональных и общих систем машин базируется на глубокой комплексной разработке и является одной из самых

сложных и трудоемких проблем, требующих для своего решения системного подхода. Большой вклад в обоснование зональной системы машин (ЗСМ) внесли наши отечественные ученые М.С.Рунчев, Л.В.Погодин, Р.Ш.Убаатов, З.И.Липкович, Б.И.Кашура, Б.Д.Докин, А.П.Перерва и др. В их трудах подчеркивается, что разработка ЗСМ должна проводиться на основе реализации эффектов комплексности и системности взаимодействия технологических, технических и организационных факторов с введением в эту среду и человека как отдельно взятого оператора, взаимодействующего с управляемыми им агрегатами, занятыми на закрепленном севообороте. Однако, некоторые из этих положений не до конца разработаны и требуют методического уточнения.

В нашей работе сделана попытка учесть при обосновании ЗСМ стохастическую природу процессов и факторов внешней среды.

Структурно-функциональный аспект системного подхода для обоснования ЗСМ предполагает ее функционирование как подсистемы системы ведения сельского хозяйства региона.

На рис. 1 приведены подсистемы и уровни задачи по обоснованию ЗСМ. Подсистема "А" позволяет, используя исходную информацию по признакам зональности, сгруппировать хозяйства региона в подзоны механизации и выделить модельные и типичные хозяйства. Подсистема "Б" определяет оптимальную продолжительность выполнения механизированных полевых работ. Подсистема "С" позволяет выбрать рациональные технологии возделывания и уборки всех сельскохозяйственных культур. Подсистема "Д" на основе прогрессивных технологий, объемов и сроков работ, конкурирующих составов МТА и исходной информации по ним оптимизирует МТН для каждого типичного хозяйства. В подсистеме "Е" по данным подсистем "А-Д" формируется ЗСМ, составляется агропроектирование на нее и разрабатываются предложения по дальнейшему совершенствованию системы машин.

В подсистеме "А" на основе теории распознавания образов и квалиметрии с помощью разработанной нами программы на ЭВМ ЕС выполняется группировка всех хозяйств региона в подзоны механизации и выделяются типичные хозяйства.

Методика обоснования подзон механизации и выделения типичных хозяйств включает следующие этапы: 1) выбор зональных классификационных признаков на основе экспертной оценки; 2) определение веса значимости и весомости каждого признака в зональном разпре-

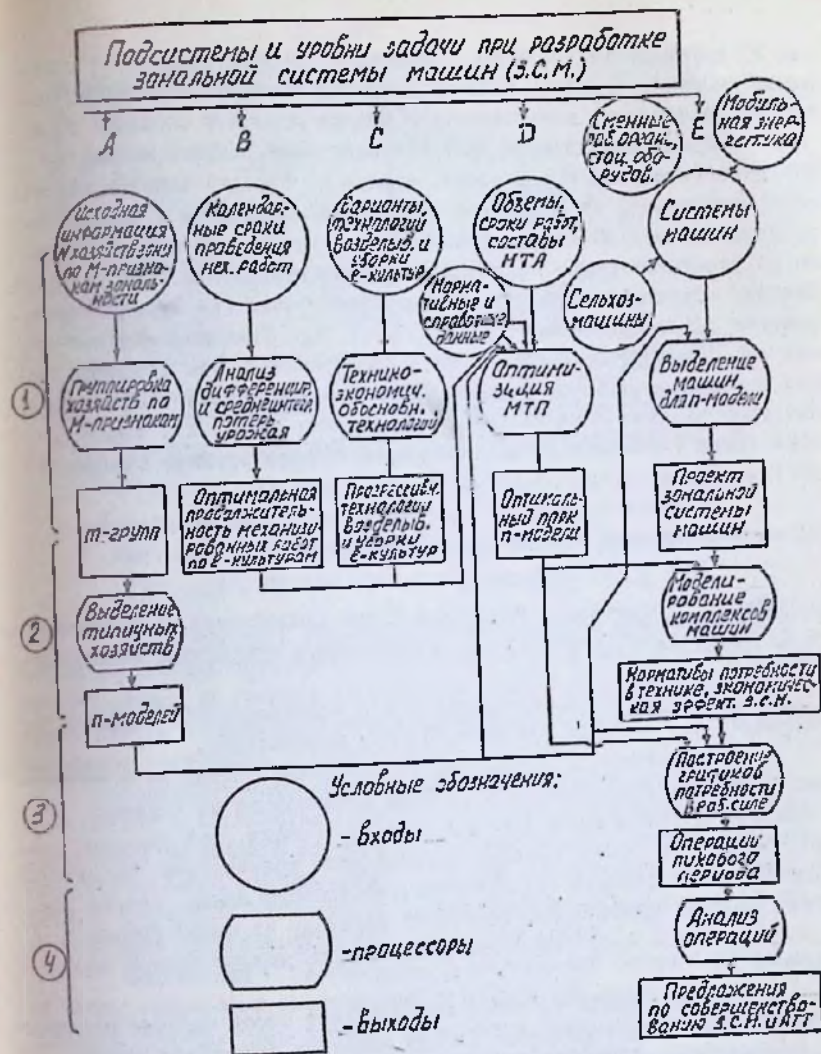


Рис. 1. Подсистемы и уровни задачи по обоснованию ЗСМ

зе; 3) группировку хозяйств в подзоны с помощью ЭВМ ЕС; 4) выделение типичных хозяйств и определение из масштабного коэффициента; 5) составление математической модели подзон и паспорта зоны.

Предложенный нами алгоритм позволяет разбить множество объектов (колхозов и совхозов), каждый из которых характеризуется M - признаками, на некоторое число групп. При этом в одну группу должны войти объекты с наиболее сходными признаками, а объекты из различных групп должны максимально отличаться друг от друга. Каждому объекту (хозяйству) соответствует точка M - мерного пространства X с координатами $X_1, X_2, \dots, X_M$. Принимаем допущение, что чем ближе расположены точки в пространстве, тем предпочтительнее отнести их к одной группе. Следовательно, производится разделение пространства X на изолированные группы точек. И в связи с этим точки (хозяйства), принадлежащие к одной группе, считаются соответствующими одному классу.

В качестве критерия для выделения групп используем значение групповой потенциальной функции $P(A, b_j)$:

$$P(A, b_j) = e^{-\sum p(a_i, b_j)}, \quad (I)$$

где a_i - произвольная начальная точка (хозяйство) из подмножества "А"; b_j - j -я точка (хозяйство), передаваемое итеративно из подмножества "В" в "А";

При этом из подмножества "В" в "А" последовательно переводятся точки, для которых значение $P(A, b_j)$ максимально.

Использование предлагаемого алгоритма позволяет сгруппировать все хозяйства региона в подзоны механизации по величине групповой потенциальной функции (рис.2). График этой функции показывает, что число классов определяется количеством "скачков" потенциальных функций. Он представляет ломаную линию, резкие падения ординат которой соответствуют переходу из одной группы в другую с учетом существенности различия при доверительной вероятности 0,95.

Каждая группа хозяйств представляет собой подзону механизации, которая характеризуется общими усилиями применения машин, направлением внутрихозяйственной специализации и одинаковой технологией возделывания и уборки сельскохозяйственных культур.

Модельное хозяйство каждой группы определяется по средневзвешенным показателям зональности, а типичное - как близко расположенное к нему натуральное хозяйство по этим признакам.

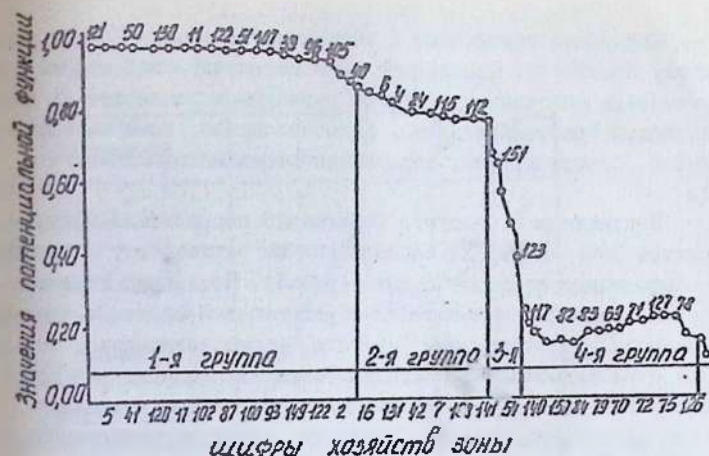


Рис. 2. График групповой потенциальной функции по хозяйствам Краснодарского края

В подсистеме В определяется оптимальная продолжительность механизированных сельскохозяйственных работ в благоприятные, неблагоприятные и средние по условиям годы. Для нахождения агросрока работы применяется корреляционно-регрессионный анализ. Он позволяет установить закономерность изменения сбора урожая от продолжительности выполнения работ. Затем строится график этой зависимости и параллельно оси X (сроки работ) проводят линию на расстоянии от точки с максимальной урожайностью, равной наименьшей существенной разнице ($НСР_{05}$). Точки пересечения этой линии с кривой полученной зависимости проектируют на ось X и определяют оптимальную продолжительность выполнения работ.

Подсистема "С" обоснования прогрессивных технологий формирует новые технологии возделывания и уборки сельскохозяйственных культур, главная цель которых обеспечить снижение пиковой напряженности в рабочей силе с учетом энергосбережения, требований экологии и повышения почвенного плодородия. Все прогрессивные технологии отражены в зональных системах ведения сельского хозяйства и используются для разработки технологических карт.

Следующая подсистема Д оптимизирует состав МП по каждому типичному хозяйству. Целевая функция математической модели должна учитывать максимальный эффект в типичном хозяйстве от всех его отраслей (растениеводство, животноводство, коммунальное хозяйство, строительство, перерабатывающая промышленность и т.д.).

Подсистема "Е", получив информацию подсистем "А-Д", проводит синтез ЗСМ, анализ альтернативных ее вариантов с использованием обобщенного критерия оценки (рис.3). Последний включает 6 частных оценочных показателей эффективности системы: трудовые, эксплуатационные, совокупные затраты, капиталовложения, металлоемкость и расход топлива. Использование такого критерия для синтеза ЗСМ и выбора альтернативных ее вариантов позволяет повысить логичность анализа, облегчить принятие решения. Определяется он по формуле:

$$D = \sqrt[n]{\prod d_i^{K_i}}, \quad (2)$$

где D - комплексный критерий оценки; d_i - желательность каждого i -го показателя оценки ЗСМ; K_i - весовость каждого i -го показателя ($i = 1...6$).

Нормализованная функция желательности определяется по методике Кубанского ГАУ:

$$d_i = e^{-e^{-(y_i' - 4)}}, \quad (3)$$

где y_i' - значение каждого i -го показателя ЗСМ по равномерной безразмерной шкале y' .

Для расчета D используется практически прямолинейный участок функции Харрингтона, т.е. участок АВ шкалы y' (рис.3).

Показатели шкал y_i' переводятся на безразмерную шкалу y' через масштабные коэффициенты $M_{y'}$:

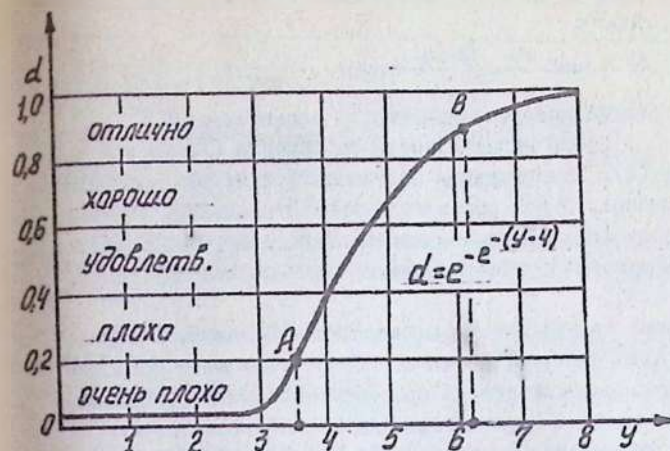
$$M_{y'} = \frac{y_{i \max}' - y_{i \min}'}{y_B' - y_A'}, \quad (4)$$

где $y_{i \max}'$ и $y_{i \min}'$ - соответственно максимальные и минимальные значения частных оценочных показателей ЗСМ; y_B' - значение безразмерной шкалы y' , соответствующее $d_{\max} = 0,9$; y_A' - значение безразмерной шкалы y' , соответствующее $d_{\min} = 0,2$;

$$\text{При этом } y_B' = 4 + (-\ln(-\ln d_{\max})) = 6,35; \quad (5)$$

$$y_A' = 4 + (-\ln(-\ln d_{\min})) = 3,53. \quad (6)$$

Перевод каждого статистического значения частного



	70	50	30	3, млн. чел.-ч.
	400	315	230	Цз. млн. руб.
	520	485	350	Сз. млн. руб.
	1300	1020	740	К, млн. руб.
	800	620	460	О, тыс. т.
	800	600	400	М, тыс. т.

Рис. 3. График нормализованной функции предпочтения

показателя оценки ЗСМ y_i в масштабные значения шкалы y' проводится по формуле:

$$y'_i = y_i - \frac{y_i - y_{i \min}}{N_{y'}} \quad (7)$$

где y'_i - статистическое значение i -показателя.

После этого находим $y_{i \max}$ по формуле (3), а затем D по формуле (2). Максимальная величина D -критерия, приближающаяся к единице, будет соответствовать оптимальному варианту ЗСМ. Нами доказана адекватность принятого критерия. При этом коэффициент детерминации составил 0,95, а доля неучтенных факторов - 5 процентов.

Очень важным этапом в подсистеме "Б" является вероятностный метод оценки системы машин, который позволяет повысить достоверность результатов по сравнению с обычно применяемым методом оценки на основе детерминированных величин. Для действующей и особенно для перспективной системы машин весьма сложно, а порой невозможно, указать точные (фиксированные) значения оценочных показателей: их фактические значения могут существенно отличаться от тех, которые берутся за основу при проектировании системы, могут иметь разброс вокруг анализируемых значений. Такое обстоятельство может привести к существенным ошибкам при получении ожидаемого эффекта и принятии решений. В таблице 1 приведены статистические характеристики эксплуатационных показателей МТА.

Таблица 1

Статистические характеристики эксплуатационных показателей МТА

Вид работы и состав МТА	Математическое ожидание производительности МТА, га/ч	Среднеквадратическое отклонение $(\sigma \pm)$, га/ч
1. Плоскорезная обработка на глубину 10-12 см (К-701 + КШН-9)	3,12	0,31
2. Дискование в 2 следа (Т-150 + БД-10)	2,60	0,31

Продолжение таблицы 1

	1	2	3
3. Посев озимых (ДТ-75М + ОП-11 + СЗС-3,6)		2,2	0,25
4. Обработка почвы комбинированным агрегатом на 10-12 см (Т-150К + АКП-3)		1,3	0,19

Вариация значений эксплуатационной производительности МТА вызовет соответствующее варьирование и технико-экономических показателей.

Для определения эксплуатационно-экономических показателей совместно работающих МТА в составе комплексов машин применяется метод статистического моделирования (Монте-Карло) с учетом случайного характера условий к показателям их работы. При эксплуатационно-технологической оценке производительность МТА и расход топлива определяются с учетом вероятностного характера условий применения машин и показателей их работы (длина гона, площадь поля, урожайность культур, расстояние переездов и др.). Сами условия работы машин представляют собой выборку из некоторой генеральной совокупности. В связи с этим имеет место дисперсия производительности и, как следствие, приведенные затраты и другие технико-экономические показатели получают смещение на 5-30% от величины показателей, рассчитанных детерминированным методом.

Последними исследованиями в области механизации и экономики доказан тезис, что детерминирование системы (особенно в технико-экономической области) встречается редко. Поэтому при обосновании эффективности отдельных машин, комплексов и систем необходимо применять вероятностный (стохастический) метод оценки.

Используя исходную информацию и программу *KLIMR* (КубНИИТИМ) для ЭВМ по новому и базовому комплексам, получают следующие данные на весь объем механизированных работ в типичном хозяйстве: затраты труда, капиталовложения, расход топлива, эксплуатационные и приведенные затраты. Но особенно важной является выдаваемая ЭВМ таблица с анализом границ экономической эффективности (табл. 2) по базовому и новому комплексам машин с оценкой существенности различия.

Из таблицы 2 видно, что новый комплекс машин для уборки кукурузы и сева озимых даст достоверный убыток в среднем 4,2 тыс.руб. в конкретном типичном хозяйстве.

Получив экономию или убыток по каждому комплексу в расчете на 1 га посевов и зная площадь под каждой культурой в зоне, можно получить общезональный экономический эффект с минимальной и максимально возможной его величиной. Максимальный и минимальный экономический эффект от новых комплексов машин по всем сельскохозяйственным культурам в зоне определится так:

$$\mathcal{E}_r^{\min} = \sum_{i=1}^m C_{rpi}^{\min} S_i ; \quad (8)$$

$$\mathcal{E}_r^{\max} = \sum_{i=1}^m C_{rpi}^{\max} S_i , \quad (9)$$

где $\mathcal{E}_r^{\min}$ и $\mathcal{E}_r^{\max}$ — соответственно минимум и максимум годового экономического эффекта от зональной системы машин, руб;

$C_{rpi}^{\min}$ и $C_{rpi}^{\max}$ — соответственно минимальные и максимальные приведенные затраты комплекса машин по i -й сельскохозяйственной культуре, руб; S_i — площадь, занятая i -й сельскохозяйственной культурой в зоне, га; m — число сельскохозяйственных культур и комплексов машин к ним.

Предлагаемый подход к определению экономического эффекта от системы машин позволяет получить его границы и возможность четкого анализа по сравнению с действующей системой, в отличие от сравнения оценочных показателей по полученным их средним значениям.

Разработка зональной системы машин должна заканчиваться исходными требованиями на нее, в которых отражаются затраты на реализацию системы, приводятся паспорта на новые технологии, комплексы машин и ожидаемый эффект от полного освоения. Впервые в стране необходимость этих агрегатов доказана профессором Кашпурой Б.И. для зоны Дальнего Востока. Затем аналогичные требования разработаны к ЗСМ для других зон и подзон страны, в частности, нами для Краснодарского края.

Основным недостатком формирования системы машин в нашей стране является отсутствие системного подхода. Во все годы за 30-летний период (система машин на 1991-2000 гг. — уже седьмая по счету) система машин разрабатывается для отраслей агропромышленного комплекса в виде двух самостоятельных разделов, не увяз-

Таблица 2
Границы эффективности комплексов машин для уборки кукурузы и сева озимых

Показатели	Значение показателей		
	базовый комплекс	новый комплекс	существенность различия
Приведенные затраты на годовое количество работ в хозяйстве, тыс.руб.:			
минимум	79,1	83,5	различия
среднее	79,9	84,1	существенно
максимум	80,7	84,7	

язанных между собой: 1) система машин для сельскохозяйственного производства; 2) система машин для продовольственных и перерабатывающих отраслей промышленности и торговли. Даже первый раздел, включающий 6 частей, разрабатывается пока без учета взаимосвязей между ними. Системный же подход определяет опосредствованные характером связей подчинения, подчиненности и взаимодействия между элементами системы. В самом деле, как можно разрабатывать отдельно технику или формировать систему, например, для внутрихозяйственной обработки и хранения продукции (часть 5) или малогабаритную технику (часть 8), не увязывая ее с техникой для механизации растениеводства (часть 1) в каждом конкретном типичном хозяйстве с его севооборотами, системой земледелия, ведения хозяйства и мелкими арендными коллективами. Также должна совместно учитываться и часть 6 — оборудование для эксплуатации и ремонта сельскохозяйственной техники, рассчитанной по типичному хозяйству в соответствии с оптимальной структурой МТП. Таким образом, система машин для сельскохозяйственного производства должна формироваться только с учетом взаимосвязей всех ее восьми составных частей: для растениеводства, для электрификации сельского хозяйства и животноводства, мелиоративных работ, лесного хозяйства, обработки и хранения продукции, для эксплуатации и ремонта техники, средства контроля, управления и автоматизации, малогабаритная техника. Ожидаемый экономический эффект должен быть рассчитан с учетом взаимодействия всех 8 частей системы.

Второй раздел системы машин для продовольственных и перера-

бывавших отраслей промышленности, включающий 13 частей, содержит узкую специализацию отраслей и может рассматриваться отдельно.

Предлагаемые методические основы формирования ЗСМ приведены на примере обоснования перспективной системы машин для условий Краснодарского края.

Разработанная ЗСМ обеспечит повышение производительности труда по сравнению с действующей на 76-78%, а также экономию топлива, металла, трудовых ресурсов и денежных средств. При полном освоении ЗСМ годовой экономический эффект по краю в приведенных затратах составит 36,1-51,6 млн. рублей.

Профессор С.В.Жак
(РГУ)

СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ И ПРОГРАММ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ С.-Х. МАШИН

В последние годы была предложена система моделей развития отрасли комбайностроения и развита методология принятия плановых и проектных решений [1-9]. На основе такой методологии, с учетом ряда новых специфических требований, может быть построена и система моделей для формирования системы с.-х. машин, удовлетворяющая методологическим и концептуальным требованиям.^{*)}

1. Подсистема, содержащая модели прогноза (МОПР) среды (демографии производителей и потребителей, площадей пахотных земель, урожайности отдельных культур и т.п.) и тенденции развития основных (обычно удельных) характеристик сельхозмашин. Эти модели основаны на статистической экстраполяции региональных или отраслевых экспериментальных данных и реализованы в виде диалоговой программной системы РАЕЗ для РС. Подсистема МОПР должна быть дополнена еще двумя группами моделей. Первая из них предназначена для выделения (из эколого-агрономических соображений) перспективных технологий возделывания различных культур. Это — достаточно хорошо известные модели оптимизации севооборота, представляющие собой задачи линейного программирования, и потому описание их в) Система моделей сформирована на основе работ С.В.Жака, О.А.Пеняева, Р.З.Литвиненко, Л.И.Сантцовой, М.Н.Сабруковой

здесь нецелесообразно. Программное обеспечение задач линейного программирования широко распространено и стандартизовано. Необходимо сделать следующие методологические замечания.

Во-первых, эти модели (как и почти все последующие) должны рассматриваться для отдельных регионов (не всегда совпадающих с административно-территориальным делением, но отражающих близость природно-климатических и социально-организационных условий).

Во-вторых, многие из таких моделей могут (и должны) быть обобщены за счет перехода от однокритериальных к многокритериальным задачам, методы решения которых в последнее время бурно развиваются и совершенствуются.

В-третьих, эти модели не преследуют цели навязывания планов отдельным хозяйствам и регионам, а служат лишь средством выявления базы (типовой, ориентировочной, превадирующей) для последующего анализа технических средств реализации этих технологий.

В-четвертых, поскольку в этих моделях используются обобщенные характеристики технических средств (выбор которых, вообще говоря, осуществляется в последующих моделях на основе результатов анализа моделей этого уровня) в дальнейшем может возникнуть необходимость возврата к этим моделям после уточнения и изменения таких характеристик (т.е. расчеты имеют итерационную структуру) или выделения областей устойчивости решений, позволяющих быстро выяснить, нужен ли такой перерасчет.

Вторая дополнительная группа моделей связана с формулировкой процесса отбора перспективных технологий и применима также и на последующих этапах формирования системы машин для отбора перспективных проектов. В связи с известной новизной предлагаемого подхода изложим эти модели.

Если каждый из конкурирующих вариантов (проектов, технологий) на конец T прогнозного периода требует по экспертному прогнозу затрат $C_i(T)$ и имеет прогноз получения характеристики $W_i(T)$ (при начальном значении $W_i(0)$ со случайным отклонением $f_i(T)$ (закон распределения которого считается известным), то возникает двухкритериальная задача отбора такого подмножества проектов $I^* \subset I = \{1, \dots, m\}$, для которого затраты минимальны, а эффект (вероятность получения объекта с характеристикой не ме-

нее заданной a) — максимален:

$$C(I^*) = \sum_{i \in I^*} C_i(T) \rightarrow \min,$$

$$P(I^*) = 1 - \prod_{i \in I^*} P_i \{Z_i(T) = W_i(T) + f_i(T) < a\} = 1 - \prod_{i \in I^*} f_i(a, T) \rightarrow \max.$$

Поскольку свертка этих критериев затруднительна (в силу их совершенно разной природы), целесообразно ввести по одному критерию ограничения, а второй использовать для оптимизации. Если ввести $x_i = 0 \vee 1$, то приходим к задаче о ранце:

$$C(x) = \sum_{i \in I} C_i(T) x_i \leq \bar{C},$$

$$P(x) = 1 - \prod_{i \in I} f_i(x_i, a, T) \rightarrow \max$$

или

$$P(x) = \sum_{i \in I} x_i | \ln f_i(a, T) | = \sum_{i \in I} Y_i x_i \rightarrow \max,$$

которая легко решается методом ветвей и границ. При вычислении f_i могут использоваться любые способы задания вероятностей, в том числе и субъективные. Отметим, что при этом нередко отбираются проекты, для которых W_{i0} и даже $W_i(T)$ — меньше, чем у других.

Если разработка каждого проекта требует z видов ресурсов $(C_{ik}(T))$, то получаем $(z+1)$ -критериальную задачу, приводящуюся тем же путем к z -мерной задаче о ранце:

$$\sum C_{ik} x_i \leq \bar{C}_k, \quad k=1, \dots, z; \quad \sum Y_i x_i \rightarrow \max.$$

Если объект, разрабатываемый в каждом проекте, имеет несколько характеристик $(W_{ij}(T))$, то даже введение ресурсных ограничений не избавляет от необходимости решать многокритериальную (линейную) задачу.

В случае проектирования многофункционального объекта достижение j -й характеристикой значения a_j дает эффект (прибыль) $Y_j(a_j)$ и при тех же ограничениях ("замещающих" минимизацию каждого вида ресурсов) приходим к задаче минимизации суммарного эффекта:

$$\Phi(x) = \sum_i \sum_j Y_j(a_j) g_{ij}(a_j) x_i \rightarrow \max,$$

где

$$g_{ij}(a_j) = 1 - e^{-Y_j(a_j)} = P_i \{Z_{ij}(T) = W_{ij}(T) + f_{ij}(T) \geq a_j\}.$$

Эта задача является также булевой задачей о ранце.

"Выходом" из подсистемы МОПР для рассматриваемой системы моделей формирования системы с.-х. машин является набор $S = \{S=1, \dots, N\}$ перспективных технологий и "объемы" применения каждой из них (или доля общей пахотной земли региона z_s , на которой применяется s -я технология). Поскольку каждая технология связана с

определенным набором операций, по S определяется набор элементарных операций $\bar{I} = \{i = 1, \dots, m\}$ для каждой из которых имеется объем V_i и срок выполнения $T_i = [t_i^1, t_i^2]$.

Эти данные позволяют перейти к следующей подсистеме.

2. Модели выбора парка машин и их типажа. В упоминавшейся системе моделей для отрасли комбайностроения рассматривались три уровня моделей — модели локальной оптимизации (ориентированные на внесистемную оптимизацию параметров машин), модели выбора парка и интегрированные модели осреднения. В рассматриваемой системе целесообразно их объединить в одну подсистему и подчеркнуть специфику ее изменением названия — ВЫПАТ (Выбор Парка и Типажа).

Модели локальной оптимизации лежат за пределами рассматриваемой задачи и являются специфически конструкторскими. Здесь мы считаем, что имеющаяся или прогнозируемая номенклатура (конкурентная) машин со своими характеристиками (реальными или прогнозируемыми) уже "предъявлена" и задача состоит в отборе из нее представителей (вместе с потребным количеством), наилучшим образом покрывающих совокупность отобранных в первой подсистеме технологий.

Целесообразно выделить модели выбора парка (МОВ) — в связи с чрезвычайной важностью моделей системного взаимодействия машин разных типов в рамках фиксированного технологического процесса. Эти модели, несмотря на их громоздкость и трудоемкость (модели линейного программирования большого объема с некоторыми дополнительными ограничениями комбинаторного характера) являются фундаментальным средством выявления потребности в машинах и оценки эффективности той или иной машины для данного (конкретного или типового) хозяйства. Для глобальных же оценок потребности в машинах в регионе или во всей стране для формирования системы машин эти модели применять трудно. Различные варианты таких моделей (упрощенные и обобщенные) хорошо разработаны и снабжены программным обеспечением, вариант, разработанный РГУ и РИСХМ, сдан в отраслевой фонд.

На наш взгляд, эти модели (в связи с их широким распространением, мы их здесь не приводим) должны применяться выборочно, для каждой из типовых технологий в отдельности с целью "отбраковки" конкурирующих типов машин и выделения "типовых" периодов,

на основе которых потребность в машинах (то есть и формирование системы машин) может быть рассчитана более упрощенными методами.

Наконец, в рассматриваемой системе, как отмечалось выше, решающую роль играют вопросы учета стохастичности и разнообразия условий.

В связи с этим изложим подход к формированию парка машин (т.е. типажа и требуемого количества их), работающих в случайной среде (для отдельного региона).

Будем считать все множество случайных условий среды Ω "проквантованным", разбитым на непересекающиеся подмножества Ω_k :

$$\Omega = \bigcup_k \Omega_k, \quad \Omega_k \cap \Omega_{k'} = \emptyset,$$

в каждом из которых выделен дискретный "представитель" ω_k . На технике такого квантования не будем здесь останавливаться, она описана. В результате задача сводится к анализу дискретных случайных условий, вероятность появления каждого из которых P_k

известна. Откажемся от предположения, что номенклатура типов машин получена оптимизацией его параметров для каждого типа условий (т.к. есть опасение, что при этом выпадут из рассмотрения типы, наилучшие для "смеси" условий ω_k с вероятностями P_k) и будем считать, что имеется некоторый (если требуется достаточно "плотный") список таких типов ($i = 1, 2, \dots, L$). Если выбран набор машин, определяемый вектором $(n_1, n_2, \dots, n_L)$, то средние затраты на его использование равны:

$$F_1 = \sum_i c_i n_i + \sum_k \sum_i a_{ik} n_i P_k, \quad (1)$$

где c_i — цена (или амортизационные отчисления) на одну машину i -го типа, а a_{ik} — эксплуатационные затраты на ее работу в k -х условиях (с учетом разной продолжительности и разного качества работы).

Вообще говоря, этого набора может быть недостаточно для выполнения необходимых работ в k -х условиях, если

$$q_k = Q_k - \sum_j n_j W_{jk} > 0, \quad (2)$$

где Q_k — необходимый объем работ, а W_{jk} — годовая производительность машины j -го типа, в k -х условиях. Поэтому необходимо учесть соответствующие дополнительные затраты:

$$F_2 = \sum_k \gamma_k P_k, \quad (3)$$

где γ_k — зависит от q_k и связано с дополнительным привлечением

машин в количестве m_{ik} при повышенных затратах b_{ik} . *)

Тогда для величин γ_k имеем выражение:

$$\gamma_k = \sum_i m_{ik} b_{ik},$$

причем должны выполняться условия:

$$\sum_i m_{ik} W_{ik} + \sum_j n_j W_{jk} \geq Q_k,$$

$$m_{ik}, n_j \geq 0, \quad k = 1, \dots, K.$$

(4)

Имеем, таким образом, оптимизационную задачу: найти парк (n_j) и число необходимых дополнительно привлекаемых машин (m_{ik}) , минимизирующие суммарные затраты:

$$F = F_1 + F_2 = \sum_i c_i n_i + \sum_k \sum_i a_{ik} P_k n_i + \sum_k \sum_i m_{ik} b_{ik} P_k \rightarrow \min \quad (5)$$

при условиях (4).

Очевидны следующие утверждения:

Утверждение 1. Если для некоторого варианта условий k $q_k \leq 0$, то соответствующие $m_{ik} = 0, \forall i$ (т.е. не требуется привлечения дополнительных машин или потери равны нулю). Соответствующие $\gamma_k = 0$.

Утверждение 2. Если парк (n_j) — фиксирован (известен), то вместо решения общей, совместной задачи достаточно решать оптимизационные задачи для каждого k в отдельности:

$$\begin{aligned} \gamma_k &= \sum_i m_{ik} b_{ik} \rightarrow \min, \\ \sum_i m_{ik} W_{ik} &\geq q_k = Q_k - \sum_j n_j W_{jk}, \\ m_{ik} &\geq 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Но это хорошо известная нецелочисленная (здесь целочисленностью можно пренебречь) задача о ранце, имеющая очевидное решение:

$$m_{ik} = \begin{cases} 0, & i \neq i_k, \\ q_k^* / W_{ik}, & i = i_k, \end{cases} \quad q_k^* = \begin{cases} q_k, & \text{если } q_k \geq 0, \\ 0, & \text{если } q_k < 0. \end{cases} \quad (7)$$

Здесь

$$m_{ik} \frac{b_{ik}}{W_{ik}} = \frac{b_{ik}}{W_{ik}} = \frac{b_k}{W_k}. \quad (8)$$

При этом оптимальное значение γ_k равно:

$$\gamma_k^* = q_k^* \cdot \frac{b_k}{W_k} = q_k^* \gamma_k. \quad (9)$$

Последнее утверждение позволяет записать задачу (4), (5)

*) Это может трактоваться и как оценка возникающих потерь

в виде, не содержащем m_{ik} , выразить ее только через искомым парк (n_i):

$$F = \sum_i \alpha_i n_i + \sum_k (Q_k - \sum_i n_i w_{ik})^+ y_k p_k \rightarrow \min, \\ n_i \geq 0, (\alpha_i = c_i + \sum_k \alpha_{ik} p_k). \quad (I0)$$

Эта задача может быть несколько преобразована, чтобы в нее не входили Q_k и w_{ik} , а только величины n_{ik} — число машин i -го типа, необходимое для работы только в k -х условиях:

$$n_{ik} = Q_k / w_{ik}, \text{ поэтому} \\ F = \sum_i \alpha_i n_i + \sum_k p_k (1 - \sum_i \frac{n_{ik}}{n_{ik}})^+ \rightarrow \min, \\ p_k = p_k, b_k, n_{ik}, n_i \geq 0. \quad (II)$$

Очевидно, что все входящие сюда величины ($\alpha_i, b_k, n_{ik}, p_k$) могут быть легко вычислены по исходным данным. И задача свелась к минимизации кусочно-линейной, выпуклой вниз функции (II) в положительном ортанте.

Введем естественное предположение, что величины n_{ik} могут быть одновременно упорядочены для всех i т.е. если

$$n_{i1} < n_{i2} < \dots < n_{ik}, \quad (I2)$$

то и

$$n_{i1} < n_{i2} < \dots < n_{ik}, \quad \forall i.$$

Это означает, что если упорядочение сделано по величине урожая (объема работ Q_k), то одновременно упорядочены (монотонны) необходимые для разных условий числа машин всех типов (и в обратном порядке находятся w_{ik}).

Тогда имеет место теорема:

В предположении (I2) оптимальным решением задачи (II) (а следовательно, и исходной задачи (4,5)) является одномарочный парк, в котором все $n_i = 0$, кроме одного $n_{ik} = n^*$.

Поскольку условие (I2) выполняется для всех известных типов комбайнов, эта теорема обосновывает априорный выбор одномарочного парка.

Заметим, что в гипотетическом случае, когда (I2) не выполнено, ограничения (II) могут пересекаться между собой, появятся вершины внутри ортанта и возможно появление оптимального смешанного парка. Другим источником многомарочности является разнообразие условий (отличное от случайных изменений среды). Структура ограничений при (I2) позволяет указать простые алгоритмы поиска оптимума.

Другой подход к решению той же задачи для специализированных машин изложен в работах М.Н. Сабруковой. При этом существ-

венно используется принцип использования статистических оценок без идентификации законов распределения. На основе этих работ создана программа для персональных компьютеров, позволяющая для данного технологического процесса определять оптимальное число машин (минимизирующее сумму затрат и потерь) и подсчитывать основные показатели: абсолютные и удельные затраты, потери, объем полученного продукта и т.п. как для фиксированной урожайности, так и для ее варьирования (с известными или предполагаемыми законами распределения).

Программа допускает диалоговый анализ влияния основных параметров, а ее многократное применение к ряду хозяйств (или технологических процессов) дает оценку общей потребности в машинах для региона, отрасли, страны и целом.

Таким образом, модели первого уровня формируют перспективные типовые технологии с.-х. производства, модели второго уровня — типаж требуемых машин и потребность в них. Естественно, возникает необходимость построения моделей третьего уровня, формируемых планы производства этих машин.

3. Реализация производства машин и их замены (РЕПФИЗА).

В эту подсистему входят модели, позволяющие сформировать планы производства машин по оценкам потребности в них (полученных в моделях второго уровня) и проектно-производственным ресурсам. Часть таких моделей (я соответствующих программ) разработана и требует лишь некоторой корректировки и обобщения; часть требуется разработать заново.

К разработанным прежде всего относятся модели МОЗ (модели замены типов машин в производстве) и МОРР (модели распределения ресурсов между отраслями). В первой из них определяются оптимальные сроки смены типов машин в производстве, минимизирующие сумму затрат на проектирование и подготовку производства и потерь, связанных с моральным износом, зависящих от разницы между теоретически достижимыми и реально производимыми характеристиками машин. При этом величина выпуска машин определяется минимальным требуемым объемом производства и имеющимися производственными мощностями.

Эта модель приводится к задаче динамического программирования с разворачиванием динамики ("лестницы" последовательно решаемых задач) по числу замен типов машин в плановом (прогно-

ном) периоде. Существенно повышающим ценность этой модели фактом является устойчивость момента первой (ближайшей) замены, ее независимость от срока прогноза и экстраполяции "кривой технического прогресса" — перспективах развития характеристик выпускаемых машин.

Модели распределения ресурсов представляют собой имитационные модели анализа развития системы производства, приобретения и эксплуатации с.-х. машин с учетом взаимодействия сфер производства, науки и социально-экономических мероприятий, стратегий распределения средств между этими сферами. В силу сложности этих задач решение их как задач оптимального управления практически нереализуемо, но анализ различных стратегий управления ресурсом на имитационных моделях позволяет выявить ряд закономерностей и опасных тенденций, предложить и опробовать (на тех же моделях) способы их преодоления.

В последнее время эти модели существенно обобщены — с целью учета, прежде всего, "рыночного" механизма приобретения машин (т.е. перехода от "технической" потребности к "коммерческой"), его сезонности (и связанными с ней изменениями плана производства, величина запаса, платежей за хранение запаса и банковский кредит и т.п.), но основная структура их и применяемый аппарат (модифицированные процедуры динамического роста программирования для МОЗ и имитационно-диалоговые процедуры для МОРР сохраняются).

Частично разработаны модели унификации — по полученным в моделях второго уровня (ВЦПАТ) списку требуемых машин и их количеству найти возможное сокращение этого списка (и соответствующее изменение их количества), минимизирующее суммарные затраты на их производство. Эти модели являются "платой" за декомпозицию задач на втором уровне, умышленное отвлечение от процессов производства машин при оценке оптимальных потребностей. Общие методы решения таких задач известны, но их "привязка" к сельхозмашиностроению требует значительной постановочной и аналитической работы.

Совокупность реализации изложенной системы моделей является системой программной поддержки решений по формированию систем с.-х. машин и может, на наш взгляд, явиться достаточно надежной методологической и процедурной основой таких решений,

ЛИТЕРАТУРА

1. Жак С.В., Пенязев О.А. Методология и многоуровневые математические модели формирования и развития системы машин // Математическое моделирование механизированных с.-х. процессов: Тезисы докладов. — Ростов-на-Дону-Зерноград, 1983.
2. Жак С.В., Пенязев О.А. Системный анализ производства с.-х. машин и иерархия моделей // Системное моделирование и оптимизационные методы в исследовании НПП, ВНИИСИ. — 8.7: Москва, 1985.
3. Жак С.В. Оптимизация проектных решений в машиностроении. Методология, модели, программы. — Ростов-на-Дону: Изд. РГУ, 1982. — 168 с.
4. Ерошенко Т.И., Жак С.В., Огарева Т.С., Землянухина Л.Н., Сантылова Л.И. Модели, алгоритмы и программы основных подсистем выбора оптимальных решений САПР СХМ. // Автоматизация проектирования и конструирования. — М. — 1983. — Ч. I.
5. Жак С.В., Литвиненко Р.Э., Пенязев О.А., Сантылова Л.И. К оптимизации парка комбайнов в условиях неопределенности // Оптимизация процессов механизации с.-х. производства. — Зерноград, 1984.
6. Жак С.В., Сантылова Л.И. Динамическая задача развития системы машин // Системы автоматизированного проектирования и обучения. — Иваново, 1987.
7. Жак С.В., Сабрукова М.Н. Математические модели прогноза парка комбайнов // Применение экономико-математических методов для решения инженерных задач в производстве: Сб. науч. тр. / ВНИИТИМЭСХ. — Зерноград, 1986.
8. Жак С.В. Модели функционирования системы с.-х. машин и их программное обеспечение // Автоматизация выбора и оценки проектных решений: Межвузовский сборник. — Коткар-Ола, 1986.
9. Жак С.В., Пенязев О.А. Оптимизационные задачи производственного маркетинга // Автоматизация проектирования и управления в технологических системах: Межвузовский сборник. — Воронеж, 1990.

Доктор технических наук
профессор А.И.Липкович,
кандидат технических
наук Л.Д.Пасечная
(ВНИИТМЭСХ)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТАВА ПАРКА УБОРОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Рациональное техническое оснащение агропромышленного производства — это один из определяющих факторов своевременного и в полном объеме выполнения технологических процессов производства сельскохозяйственной продукции в каждом сельхозпредприятии и трудовом коллективе в любой природно-климатической зоне.

Оптимизация набора машин, технологических комплексов, систем машин для производства различных сельхозкультур, зональных систем машин и общей системы машин в целом, из которых формируется конкретное техническое оснащение отдельных производств в АПК, представляет основную задачу механизации сельскохозяйственного производства и построенный на основе этой оптимизации срочный прогноз состава МП, является базой для конструкторских разработок и организации выпуска новой сельхозтехники для рационального технического оснащения.

Разработанные рядом научно-исследовательских учреждений методики, основанные на использовании детерминированных моделей или моделей, учитывающих вероятностный характер отдельных факторов внешней среды, не позволяют учесть ежегодные изменения урожайности (рис.1) и объемов работ, продолжительности периодов созревания и интенсивности потерь урожая (табл.1), показателей работы машин в составе комплексов (рис.2), а следовательно и обосновать оптимальный парк уборочной техники. В результате количественные потери урожая в период уборки составляют 10-15% (в отдельные годы 20-30%), а до 50% собранного зерна не соответствует выработанным категориям, что вызывает рост его себестоимости.

Интенсификация производства зерна в стране, в том числе сильных и ценных пшениц, обусловившая переоснащение с.-х. пред-

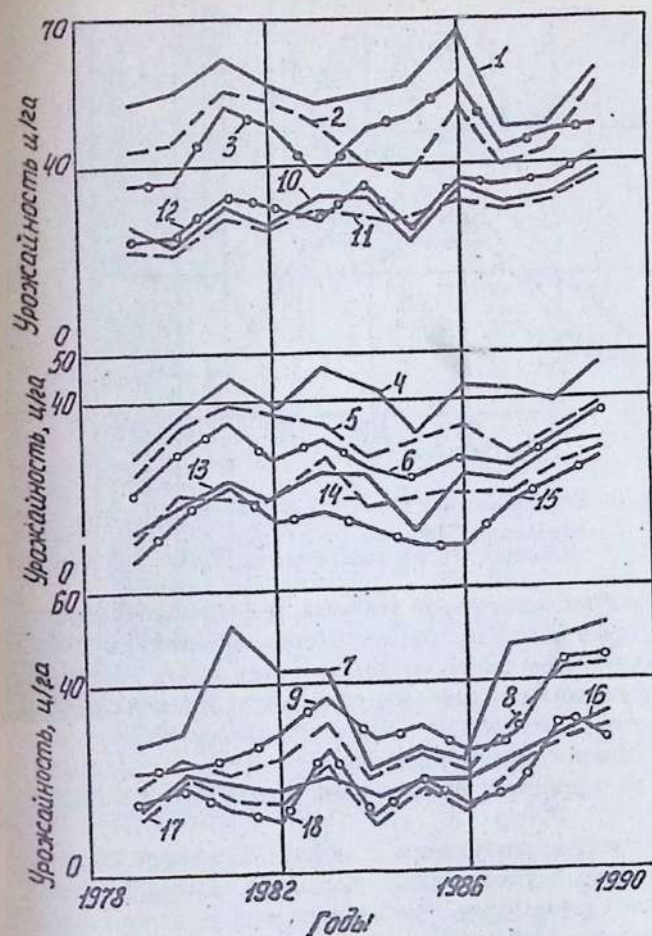


Рис. 1. Динамика урожайности озимой пшеницы на сорто-участках Ростовской области и в производстве соответствующих групп районов: 1,10; 2,11;3,12; 4,13; 5,14; 6,15; 7,16; 8,17; 9,16 - урожайность на Целинском, Ростовском, Азовском, Орловском, Тагинском, Чертовском, Вешенском сортоучастках и в производстве соответствующих групп районов (По данным д-ра с. х. наук Калининко И.Г., канд.с-х наук Придипова С.Н. и др. - Донской селекционер)

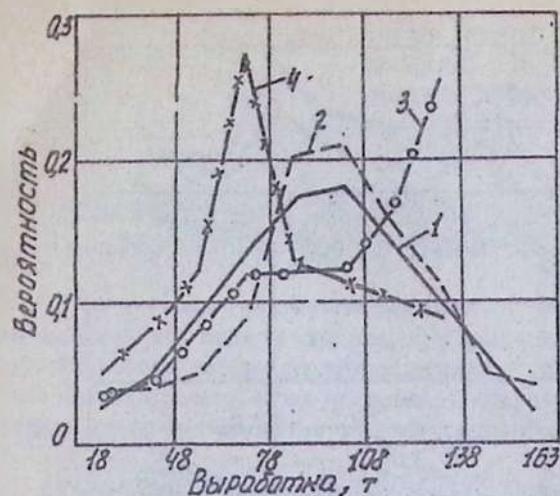


Рис. 2. Распределение суточной выработки комбайнов "Дон-1500": среднее значение и трех комбайнов (2,3,4)

применение высокопроизводительной техникой, вызвала необходимость совершенствования методики прогнозирования оптимального технического оснащения. Такое оснащение должно обеспечивать составление рациональных комплексов машин для сбора зерна выращенных категорий и заготовку достаточных объемов незерновой части урожая в различные годы по условиям формирования урожая, созревания и уборки, т.е. в условиях погодного-климатического цикла (ПКС) /1,2/.

Исследования проводились с позиций системного подхода, который заключался в рассмотрении уборки как составной части процесса производства зерна. Это нашло отражение в многопараметрической информационной системе (рис. 3), разработанной на основе учета взаимодействия факторов различной природы, оказывающих влияние на динамику продукционного процесса, параметры урожая в период уборки и показатели работы машин в составе комплексов, рассматриваемых как человекомашинные системы.

Таблица 1

Зависимость потерь урожая от сроков и способов уборки (для зоны Северного Кавказа) *

Год	Показатели	Полная спелость зерно-валка (дн)										Перестой на корню (дн)		
		Тесто-образное состояние	Начало дозревания	Начало среза	Средняя на	Полная спелость	Полная спелость	Полная спелость	Полная спелость	Полная спелость	Полная спелость	5	10	15
1	Дата	19,6	28,6	3,7	5,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	11	12	13
Влажный	Цена тонны сильной пшеницы, руб.	93,5	110	103	94,6	95,7	90,2	-	97,9	96,8	94,6	91,3		
	Коэффициент биологических потерь	0,15	0	0,06	0,14	0,13	0,18	-	0,11	0,12	0,14	0,17		
	Цена тонны ценной пшеницы, руб.	91,3	95,1	93,2	92,2	93,2	89,4	87,5	94,1	94,1	93,2	90,3		
	Коэффициент биологических потерь	0,04	0	0,02	0,05	0,02	0,06	0,08	0,01	0,01	0,02	0,05		
Засушливый	Дата	8,6	17,6	18,6	20,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6		
	Цена тонны сильной пшеницы, руб.	88,9	114	96,9	84,4	88,9	86,6	85,5	87,8	86,6	85,5	83,2		
	Коэффициент биологических потерь	0,22	0	0,15	0,26	0,22	0,24	0,25	0,23	0,24	0,25	0,27		
	Цена тонны ценной пшеницы, руб.	91,0	96,8	92,9	88,1	89,0	86,1	84,2	87,1	86,1	85,2	82,2		
	Коэффициент биологических потерь	0,06	0	0,04	0,09	0,08	0,11	0,13	0,10	0,11	0,12	0,15		

Продолжение таблицы I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Дата		26.6	4.7	6.7	9.7				11.7			
Цена тонны сильной пшеницы, руб.		90,7	112	110	90,7	93,0	87,4	86,2	81,6	88,5	86,2	84,0
Коэффициент биологических потерь		0,19	0	0,02	0,19	0,17	0,22	0,23	0,18	0,21	0,23	0,25
Цена тонны ценной пшеницы, руб.		89,6	94,3	93,5	89,6	90,5	86,9	84,9	89,6	86,8	84,9	82,0
Коэффициент биологических потерь		0,05	0	0,01	0,05	0,04	0,08	0,10	0,05	0,08	0,10	0,13

* По данным канд. с.-х. наук Пришепова С.Н. (Донокой селекционер)

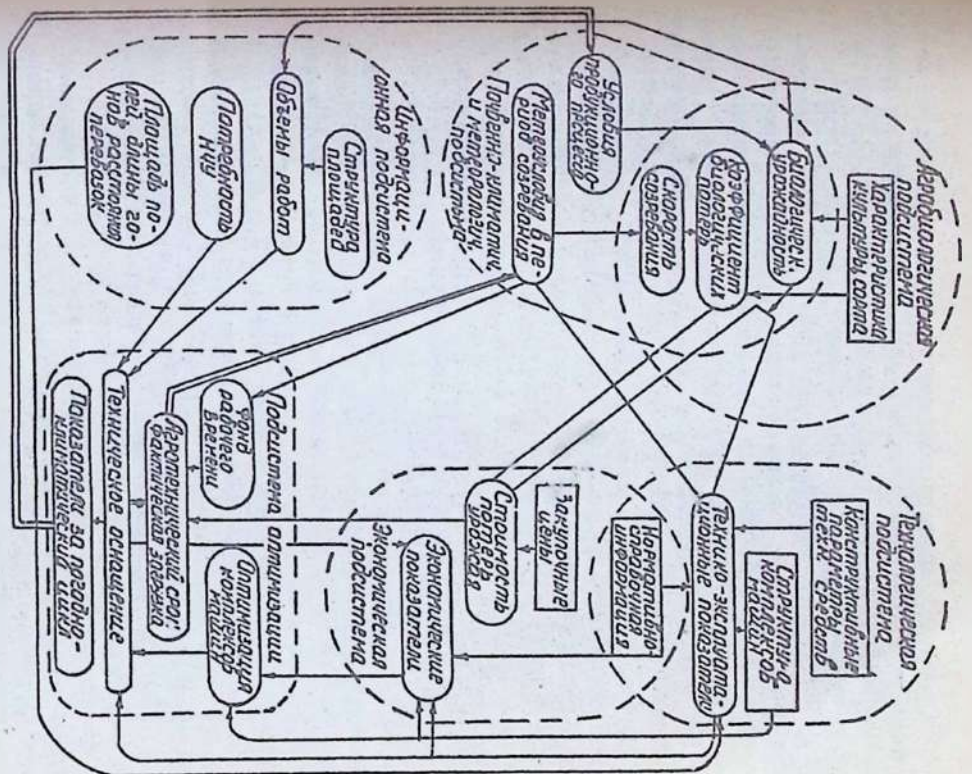


Рис. 3. Многопараметрическая система прогнозирования технического оснащения уборочных работ

В связи с этим формализация расчета технического оснащения осуществлена в виде синтеза большой модели, включающей имитационные модели подсистем прогнозирования урожая, его созревания и оптимизации технологических комплексов машин (ТКМ) (рис. 4)

Прогнозируемая урожайность должна быть адекватна показателям действительно возможного урожая (ДВУ), получаемого при выполнении всех агротехнических мероприятий в конкретных почвенно-климатических условиях. На практике наиболее близкой к значению ДВУ относится урожайность на сортоучастках. Но прогнозируемое значение урожайности на сортоучастках не является адекватным представителем всего множества значений ДВУ, распределение которых обусловлено разнообразием природно-производственных условий районов, относящихся к соответствующему сортоучастку [3]. В связи с этим прогнозирование действительно возможного урожая в регионе необходимо выполнять с учетом пространственного распределения, ежегодного приближения урожайности к производству (УП) к ДВУ и вероятностной природы внешней среды.

$$\bar{y}_t^n = (\bar{y}_t^n + \sigma^n R_N) / (\bar{R} + K_E t),$$

где $\bar{y}_t^n, \sigma^n$ — детерминированная составляющая тенденции изменения урожайности для средних агрометеорологических условий и среднее квадратическое отклонение случайных показателей; урожай в производстве от значений $\bar{y}_t^n$; R_N — случайная величина из нормально распределенной совокупности с параметрами $\mu = 0$ и $\sigma = 1$;

$\bar{R}, K_E$ — значения статистической модели коэффициента использования ДВУ, равного отношению значений УП к ДВУ на сортоучастках и ежегодный темп приближения УП к ДВУ; t — год временного ряда.

Процесс созревания колосовых, определяющий продолжительность периодов, при которой обеспечивается наиболее полный сбор урожая высокого качества, рассматривали как вероятностный, зависящий от метеорологических факторов. При разработке моделирующего алгоритма процесса созревания использованы установленные зависимости среднесуточного изменения влажности зерна на корню и в валках от среднесуточного значения дефицита влажности воздуха.

Среднесуточное изменение влажности зерна dB/dt на корню в период фазы восковой спелости:

$$dB/dt = K_1 d^{0.535},$$

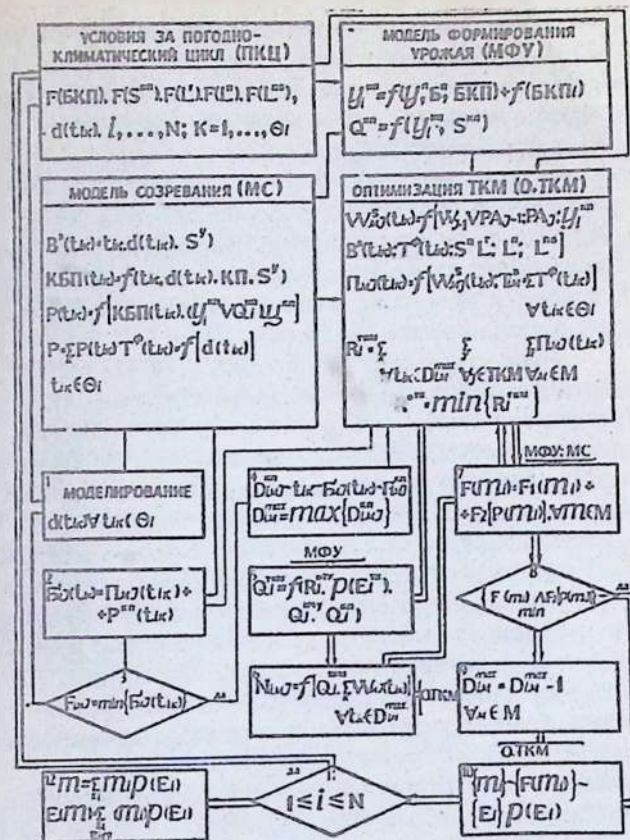


Рис. 4. Агрегированная блок-схема синтеза модели формирования технического оснащения

где K_j — коэффициент пропорциональности, соответствующий определенному периоду фазы восковой спелости ($K_j = 0,59; 0,83; 0,73$ — соответственно для начала, середины и конца фазы); d — среднесуточное значение дефицита влажности воздуха.

Среднесуточное изменение влажности зерна при дозревании в валках:

$$dB/dt = d/(1,93 + 0,043d).$$

Было учтено, что на влажность созревшего зерна оказывает влияние поверхностная влага, возникающая при низких значениях дефицита влажности воздуха. Для проверки наличия поверхностной влаги использовали зависимость /4,5/:

$$B = 30,4/d^{0,23}.$$

Значение коэффициента биологических потерь (КБП) урожая для всех категорий пшениц при различных сроках и способах уборки определяли по установленным зависимостям его от дефицита влажности воздуха (табл.2). Максимальные относительные ошибки аппроксимации указанных зависимостей не превышают 3-8%.

Математические зависимости моделей созревания (МС) (см. рис.4) позволили определять скорость созревания колосовых на корню и в валках, абсолютную влажность зерна, продолжительность фазы восковой спелости и ее периодов, момент начала полной спелости, продолжительность периодов уборки, при которой обеспечивается полный сбор урожая высокого качества в зависимости от значений случайной функции дефицита влажности воздуха, представленной дискретными случайными последовательностями за ПКЦ.

Для определения значений случайных функций производительности $W_{mj}(t_{ik})$ и суточной выработки $W_{mj}^s(t_{ik})$, приведенных затрат $P_{mj}(t_{ik})$, формирования оптимальных составов агрегатов и комплексов машин, выбора рациональных и определения вероятности эффективного использования их $\mu(E_j^*)$ разработали с использованием теории графов, имитационного моделирования и статистического поиска систему математических моделей оптимизации ТМ. Система математических моделей включает блок формирования случайных значений параметров условий уборки, пакет алгоритмов имитации с.-х. технологических процессов и определения технико-экономических показателей комплексов машин, алгоритмы выбора оптимального машинного комплекса, формирования типов условий и базы критерия эффективности, необхо-

димых при определении оптимального технического оснащения для ПКЦ.

Как известно, работа отдельных технических средств в составе комплексов характеризуется частичной или полной синхронизацией и взаимозависимостью режимов выполнения операций, связанных между собой технологической последовательностью, сроками и способами выполнения. Поэтому технико-эксплуатационные и экономические показатели работы технических средств в составе технологических комплексов машин (ТМ) зависят от схемы взаимодействия их при выполнении технологических операций на уборке всего биологического урожая зерновых колосовых, кроме этого, от складывающихся природно-климатических условий и организации их использования.

В связи с этим при формализации процесса функционирования технических средств в составе ТМ учитывали, что дневная выработка технических средств M при выполнении определенной технологической операции J и способе уборки определяется из конструкторскими параметрами P_{Aj} и конструктивными параметрами P_{Bj} или производительностью W_{Aj} технических средств, занятых на выполнении смежных операций в технологической линии. Кроме этого, выработка зависит от урожайности U^{an} хлебной массы, влажности зерна B^s , фонда рабочего времени T^o и производственных условий (S — площадь полей; L^r — длины прогонов; L^n — расстойный перевозок продуктов урожая; L^{ns} — расстойный перевозов с поля на поле и с поля в бригаду):

$$W_{Aj}(t_{ik}) = f[W_{Aj}, P_{Aj}, P_{Bj}; U^{an}; B^s(t_{ik}); T^o(t_{ik}); S^a; L^r; L^n; L^{ns}].$$

Затраты на уборку $P_{mj}(t_{ik})$ зависят от сменной выработки и фактической загрузки технических средств T_{mj}^f за период уборки, соответствующей фонду рабочего времени по метеорологическим условиям за этот период:

$$P_{mj}(t_{ik}) = f[W_{Aj}(t_{ik}); T_{mj}^f = \sum_{j \in \text{хвбт}} T^f(t_{ik})].$$

Методика оптимизации ТМ /6/ включает следующие основные операции:

выбор параметров внешних условий, выявление законов их распределения и формирование случайных значений параметров по эмпирическим распределениям с помощью специально разработанного датчика случайных чисел /7/;

определение технико-эксплуатационных показателей средств

механизации с использованием имитационного моделирования технологического процесса;

формирование составов ТКМ с использованием методов статистической оптимизации;

определение значений критерия эффективности, включающего суммарные затраты на выполнение технологических операций и стоимость потерь урожая;

выбор оптимальных комплексов машин с использованием специально разработанного алгоритма выбора кратчайшего пути между двумя вершинами графа;

формирование матриц принятия решений путем занесения результатов каждой реализации статистических испытаний ТКМ и моделируемых условий в строки, соответствующие номерам оптимальных комплексов:

$$\begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1N} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{N1} & y_{N2} & \dots & y_{NN} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1N} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{N1} & r_{N2} & \dots & r_{NN} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1N} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{N1} & z_{N2} & \dots & z_{NN} \end{pmatrix},$$

где y_{ij} , r_{ij} , z_{ij} — урожайность, соломистость, площадь поля, длина гона, расстояние перевозки продуктов урожая; r_{ij} — вероятность использования j -го ТКМ для i -х условий; r_{ij} , z_{ij} — суммарные затраты на уборку и затраты труда для j -го комплекса и i -х условий E_i ; p_{ij} (при $i=j$) — вероятность эффективного использования комплексов машин.

Выявленная вероятность эффективного использования ТКМ в сформированных группах условий позволила определить оптимальную структуру технологических вариантов уборки.

Прогнозирование технического оснащения уборочных работ для условий погодного-климатического цикла включает основные операции, представленные на рис. 4: прогнозирование ДВУ зерновых (МДУ), моделирование значений дефицита влажности воздуха в уборочный период (блок I); представленных случайными дискретными последовательностями за погодно-климатический цикл, определение характеристик урожая и установление сроков и способа уборки, значений потерь урожая и фонда рабочего времени по метеоусловиям (МО), определение дискретных последовательностей приведенных затрат $\Pi_{ij}(t_{ik})$ на выполнение технологических операций и стоимости потерь урожая $P^{TK}(t_{ik})$, минимальные значения суммы которых $F_{ij}(t_{ik})$

(3) соответствуют оптимальной продолжительности уборки посевов одной категории D_{ik}^{max} (4); установление фактической загрузки машин T_{ik}^d и оптимизация составов комплексов (О.ТКМ); определение объемов уборочных работ (5) и необходимого количества технических средств для их освоения (6) с учетом вероятности эффективного использования рациональных комплексов $p(E_i^{TK})$ и заготовки достаточного объема незерновой части урожая Q^{HCH} ; оценка технического оснащения m_i с помощью критерия эффективности $F(m_i)$, включающего затраты на формирование парка машин и проведение уборочных работ $F_1(m_i)$ и стоимость потерь урожая $F_2[m_i]$ посевов всех категорий в E_i условиях погодного-климатического цикла (7,8). В качестве управляющей переменной использован вектор продолжительности проведения технологических операций t_{ik} (9) и вектор фактической загрузки уборочных машин T_{ik}^d (О.ТКМ), значения которого равны суммарному фонду рабочего времени при соответствующей продолжительности уборки. Оптимальное технологическое оснащение определялось с учетом вероятности различных условий уборки в течение ПКЦ (12).

Методика прогнозирования технического оснащения уборочных работ для условий погодного-климатического цикла включает следующие основные операции:

прогнозирование урожайности и объемов работ:

$$y_i^{kn}, Q_i^{kn} \forall i \in E_i \in \Omega;$$

моделирование условий и параметров урожая в уборочный

период:

$$E(t_{ik}) = f[d(t_{ik}) \sim \bar{d}_i, S^a, L^r, L^s, L^{as}];$$

$$T^o(t_{ik}); B^s(t_{ik}); P^{kn}(t_{ik});$$

моделирование процесса уборки:

$$W_{ij}^s(t_{ik}); \Pi_{ij}(t_{ik});$$

определение максимальной продолжительности работ иговой загрузки машин:

$$D_{ij}^{kn} \sim t_{ik} \leftarrow [\Pi_{ij}(t_{ik}) + P^{kn}(t_{ik})] \rightarrow \min;$$

$$D_{ij}^{max} = \max\{D_{ij}^{kn}\}; T_{ij}^s = \sum_i T^o(t_{ik});$$

оптимизация ТКМ и определение вероятности эффективного использования их:

$$\{TKM\} \sim \{R^{TK}\} \sim \{E_i^{TK}\} \sim p(E_i^{TK});$$

определение объемов работ и необходимого количества технических средств:

$$Q_L^{TKM} \Delta N_{iL} \Delta T_{KM} \sim R^{TKM} \in \{R^{TKM}\};$$

оптимизация технического оснащения и продолжительности работ для условий i -го года с учетом структуры посевов колосовых:

$$\begin{aligned} D_{iL}^{OPT} \sim t_{iL} \Delta m_i^{OPT} \sim m_i \rightarrow \\ \rightarrow F^m(m_i) = \min \{F_1(m_i) + F_2[P(m_i)]\}; \\ m_i \in M \end{aligned}$$

формирование параметров $\forall E_i \in Q$ и определение технического оснащения для условий ПКЦ:

$$\begin{aligned} \{m_i\} \sim \{F^m(m_i)\} \sim \{E_i\} \sim P(E_i); \\ m = \sum_{E_i \in Q} m_i P(E_i); F(m) = \sum_{E_i \in Q} F^m(m_i) P(E_i). \end{aligned}$$

В приведенных выражениях в блк-схеме M — область определения технического оснащения (множество серийных, внедряемых и проектируемых машин), E_i — неуправляемые параметры, представленные случайными функциями и распределениями случайных величин, Q — множество условий, охватывающих период погодно-климатического цикла.

С помощью разработанной методики и системы математических моделей обосновано техническое оснащение уборочных работ для Северо-Кавказского региона, характеризующегося значительным интервалом варьирования параметров, определяющих его.

Урожайность зерновых колосовых в зоне Северного Кавказа постоянно возрастает. Отклонение ее от тенденции за счет варьирования погодно-производственных условий в течение погодно-климатического цикла вызывает изменение интенсивности уборочных работ в 2-7 раз.

Производительность и суточная выработка технических средств в значительной мере зависят от условий внешней среды. Так, варьирование значений среднесуточного дефицита влажности воздуха от 6 до 22 мБ, суточного фонда рабочего времени по метеоусловиям от 3 до 20 часов, урожайности озимых пшениц от 26 до 65 ц/га, а ячменя — от 22 до 46 ц/га и др. факторов приводит к изменению суточной выработки комбайнов "Дон-1500" от 25 до 155 тонн при среднем значении около 100 тонн (см. рис. 2).

Вероятностный характер погодных условий вызывает различную длительность фенологических фаз развития растений и периодов,

Таблица 2

Коэффициент биологических потерь урожая озимых пшениц при различных способах и сроках уборки (По данным канд. с.-х. наук Прищепова С.Н. — Донской селекционер)

СПОСОБЫ УБОРКИ	СРОКИ УБОРКИ	КАТЕГОРИЯ ПОСЕВОВ		РЯДОВАЯ
		СИЛЬНАЯ	ЦЕННАЯ	
РАЗДЕЛЬНАЯ УБОРКА	СКОШЕНО ПРИ	$K_{JK}^{CK} = 0$ $K_{JK}^{CK} = 0.0 + 0.2$ $K_{JK}^{CK} = 0.15 + 0.3$	$K_{JK}^{CK} = 0$ $K_{JK}^{CK} = 0.0 + 0.1$ $K_{JK}^{CK} = 0.05 + 0.1$	$K_{JK}^{CK} = 0$ $K_{JK}^{CK} = 0$ $K_{JK}^{CK} = \sum (0.0 - 0.0 d_{iL})$
	ПРИ ПЕРЕЛЖКЕ В ВАЛКАХ	$K_{JK}^B = K_{JK}^{CK} + \sum K_{JK}^B$ $K_{JK}^B = \frac{(105.6 - 5 d_{iL} + 0.1 d_{iL}^2) - K_{JK}^{CK} \cdot 0.2}{18887 - 413 d_{iL} + 0.67 d_{iL}^2}$ $K_{JK}^B = \frac{2 \cdot 10^4 d_{iL} + 8.610 d_{iL}^2 - 0.00004 - K_{JK}^{CK} \cdot 0.3}{0.00004 - K_{JK}^{CK} \cdot 0.1}$	$K_{JK}^B = K_{JK}^{CK} + \sum K_{JK}^B$ $K_{JK}^B = \frac{0.00004 - K_{JK}^{CK} \cdot 0.1}{0.00004 - K_{JK}^{CK} \cdot 0.1}$ $K_{JK}^B = \frac{2 \cdot 10^4 d_{iL} + 8.610 d_{iL}^2 - 0.00004 - K_{JK}^{CK} \cdot 0.3}{-0.00004 - K_{JK}^{CK} \cdot 0.1}$	$K_{JK}^B = K_{JK}^{CK} + \sum K_{JK}^B$ $K_{JK}^B = 3 \cdot 10^4 d_{iL} + 9 \cdot 10^4 d_{iL}^2 - 5 \cdot 10^4$
	НАЧАЛО ПОЛНОЙ СПЕЛОСТИ	$K_{JK}^B = 0.336 \frac{2.5}{d_{iL}} + \frac{4.45}{d_{iL}}$	$K_{JK}^B = 0.112 \frac{0.76}{d_{iL}} + \frac{1.46}{d_{iL}}$	$K_{JK}^B = 0.08 \frac{0.65}{d_{iL}} + \frac{1.12}{d_{iL}}$
ПРЯМОЕ КОМБАЙННОЕ РОДАНИЕ	ПРИ ПЕРЕСТОЕ НА КОЖИ	$K_{JK}^P = K_{JK}^{CK} + \sum K_{JK}^P$ $K_{JK}^P = \frac{8.610 d_{iL}^2 + 0.0005 - 3310 d_{iL} - 0.2 K_{JK}^{CK}}{9.17 + 2.2 d_{iL}}$ $K_{JK}^P = \frac{14 \cdot 10^4 d_{iL} + 0.0005 - 3310 d_{iL} - 0.2 K_{JK}^{CK}}{9.17 + 2.2 d_{iL}}$	$K_{JK}^P = K_{JK}^{CK} + \sum K_{JK}^P$ $K_{JK}^P = \frac{0.0005 d_{iL}^2 - K_{JK}^{CK} \cdot 0.1}{9.17 + 2.2 d_{iL}}$ $K_{JK}^P = \frac{d_{iL}}{9.17 + 2.2 d_{iL}} - K_{JK}^{CK} \cdot 0.1$	$K_{JK}^P = K_{JK}^{CK} + \sum K_{JK}^P$ $K_{JK}^P = 0.0021 d_{iL} - 0.0016 - 25 \cdot 10^4 d_{iL}^2$

Примечание: d_{iL} , d_{iL}^2 — текущее и среднее значение дефицита влажности воздуха за период уборки

в течение которых может быть собран выращенный урожай высокого качества. В течение погодно-климатического цикла продолжительность фаз восковой спелости изменялась от 4 до 8 дней, а периоды скашивания (изменение влажности зерна от 40 до 25%) - от 2 до 5 дней.

Для проведения уборки биологического урожая колосовых в оптимальные сроки в течение ПЦ при варьировании объемов работ, производительности и суточной выработки машин, продолжительности фенологических фаз развития растений интенсивность уборочных работ различна. В результате моделирования всего множества сочетаний условий формирования урожая, созревания и уборки за ПЦ установлено, что интенсивность изменения от 23 до 38 т/ч на 1000 га и вероятность ее различна. Изменение интенсивности уборочных работ и необходимость применения различных технологий и технологических комплексов машин вызывает различный состав и структуру оптимального парка уборочных комплексов, что приводит к значительному изменению затрат в течение ПЦ (показатели в первой строке табл. 3).

Полученные в результате моделирования комплексы машин и вероятность эффективного использования их в условиях ПЦ позволили обосновать оптимальный состав и структуру парка уборочной техники для зоны Северного Кавказа с учетом перспективных объемов производства зерна и зерновой части урожая. В зоне целесообразно применение ТМ на базе комбайнов 10 кг/с (25%), 8 кг/с (49%) и 6,5 кг/с (25%), обеспечивающих выполнение технологий в следующем соотношении: копенная - 0,23; копенная с отдельным сбором половы - 0,24; валковая без отбора и с отбором половы - 0,09 и 0,07; поточная с измельчением - 0,16; копенно-блочная - 0,16.

Значения годового экономического эффекта, достигаемого за счет более полного сбора урожая высокого качества и определяемого как разность между дополнительной стоимостью собранной продукции и дополнительными затратами на уборку при обоснованном оснащении, изменяются от 39,5 до 255,9 млн. руб. Отрицательный эффект характерен для благоприятных условий созревания и минимальных объемов работ, когда дополнительные расходы на содержание оптимального для ПЦ парка не окупаются дополнительной стоимостью полученной продукции. Экономический эффект за погодно-климатический цикл, с учетом вероятности складывавшихся условий уборки, составил

Таблица 3
Затраты на уборочный процесс за погодно-климатический цикл (для зоны Северного Кавказа)

Показатели	Интенсивность уборочных работ (т/ч) на 1000 га							Показатели за цикл
	38	35	32	29	26	23		
	вероятность условий уборки							
	0,13	0,21	0,28	0,17	0,15	0,06		
Затраты на уборку при оптимальных парках для различных условий, млн. руб.	482,2	452,8	388,7	361,7	361,1	336,1		412,4/42,5
Затраты на уборку при нормативном оснащении, млн. руб.	400,0	386,5	383,1	379,7	373,0	366,2		382,9/8,8
Затраты на уборку при оптимальном оснащении для ПЦ, млн. руб.	463,3	449,8	446,4	443,0	436,2	429,4		446,4/8,5
Дополнительная стоимость собранной продукции при оптимальном оснащении для ПЦ, млн. руб.	319,1	248,7	169,2	102,9	55,6	23,7		168,4/49,4
	42,53	33,15	22,55	13,71	7,42	3,16		22,44/6,59
руб/га	255,9	185,5	105,9	39,6	-7,5	-39,5		105,1/49,4
Годовой экономический эффект, млн. руб.	34,10	24,72	14,12	5,28	-1,01	-5,27		14,01/6,59
руб/га								

ПРИМЕЧАНИЕ: среднее значение / среднеквадратичное отклонение

в среднем для зоны Северного Кавказа 105,1 млн.руб. (14 руб/га) ежегодно.

Таким образом, одним из путей снижения потерь урожая является формирование оптимального технического оснащения для уборки биологического урожая колосовых в условиях погоднo-климатического цикла.

Разработанный метод прогнозирования технического оснащения заключается в оптимизации технологических комплексов машин и формирования парка уборочной техники с учетом риска и неопределенности факторов внешней среды, определяющих уровень продукционного процесса, параметры урожая в период уборки, показатели работы машин в составе комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Липкович Э.М. Аналитические основы системы машин. - Ростов-на-Дону: Кн.изд-во, 1983.
2. Липкович Э.М., Пасечная Л.Д. Методические основы прогнозирования технического оснащения уборочных работ // Вестник с.-х. науки. - 1990. - №6. - С.68-73.
3. Пасечная Л.Д., Прищепов С.Н. Прогнозирование действительно возможной урожайности зерновых культур // Результаты исследований и разработки по механизации производственных процессов в растениеводстве: Сб. науч. тр. / ВНИИТМЭСХ. - Зерноград, 1991. - С.168-196.
4. Процоров А.В. Погода и уборка комбайном зерновых культур Л.: Гидрометеиздат, 1962.
5. Лубнин М.Г. Влияние агрометеорологических условий на работу сельскохозяйственных машин и орудий. - Л.: Гидрометеиздат, 1983.
6. Пасечная Л.Д. О методике оптимизации технологических комплексов машин при переменных условиях // Оптимизация процессов механизации сельскохозяйственного производства; Сб. науч. тр. / ВНИИТМЭСХ. - Зерноград, 1984. - С.11-25.
7. Пасечная Л.Д. О математическом моделировании технологических комплексов машин с учетом переменных условий внешней среды // Инженерно-техническое обеспечение сельскохозяйственного производства: Сб. науч. тр. / ВНИИТМЭСХ. - Зерноград, 1983. - С.120-129

Доктор технических наук
А.М.Криков,
инженеры Г.А.Пузырева,
А.Ф.Максимчук
(СибИМЗ)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТРЕБНОСТИ ХОЗЯЙСТВ В ТРАНСПОРТНЫХ И ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУ- ЗОЧНЫХ СРЕДСТВАХ С УЧЕТОМ ИХ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ

Плановые поставки автотранспортных и погрузочно-разгрузочных средств в сельскохозяйственные предприятия ведутся согласно нормативам потребности регионов страны в указанных средствах. Научно-технический прогресс, совершенствование конструкций машин и изменение их типажа требуют регулярного пересмотра и разработки новых научно-обоснованных нормативов.

В настоящее время расчеты нормативов потребности в автотранспортных и погрузочно-разгрузочных средствах проводятся автономно без явного учета их взаимосвязи. Разработка нормативов потребности в автомобилях и прицепах производится на основе оптимальной потребности типичных хозяйств в автотранспортных средствах, а расчеты нормативов потребности в погрузочно-разгрузочных средствах проводятся без условий оптимизации /1,2/. Принимая во внимание достаточную альтернативность выбора универсальных погрузочно-разгрузочных средств, мы считаем, что при определении нормативов потребности последних могут быть использованы и оптимизационные расчеты. Более того, потребность в погрузочно-разгрузочных средствах в значительной степени зависит от обслуживаемого ими количества автотранспортных средств и других сельскохозяйственных машин, а объемы перевезенных и подлежащих погрузке и разгрузке грузов определенно взаимосвязаны.

Поэтому с целью повышения точности и уменьшения трудоемкости расчетов в данной работе поставлена задача создания методического подхода к определению потребности в автомобилях, прицепах и универсальных погрузочно-разгрузочных средствах с учетом их взаимосвязанной работы, основанного на едином оптимизационном расчете, применении ЛЭМ и позволяющего автоматизировать подго-

товку исходных данных.

Характеристика задачи. Автоматизированная подготовка данных и оптимизационные расчеты потребности в грузовых автомобилях, прицепах и универсальных погрузочно-разгрузочных средствах включают в себя следующие этапы.

1. Расчет эксплуатационных затрат и эксплуатационной производительности автотранспортных агрегатов (ТА), погрузочных (ПА) и разгрузочных агрегатов (РА) на перевозке, погрузке и разгрузке грузов, подлежащих перемещению в типичном для природно-экономической зоны хозяйстве; формирование на основе рассчитанных величин матрицы оптимизационной задачи с учетом данных, характеризующих хозяйство. При планировании нормативов расчеты ведутся по 30 маркам автомобилей, 10 маркам прицепов и примерно по 10 маркам универсальных погрузочно-разгрузочных средств.

2. Расчет оптимального состава ТА, ПА, РА на основе единой экономико-математической модели с помощью пакета ПЛИ88, позволяющего формировать и решать задачи линейного программирования /3/, содержащие до 510 ограничений и 2510 переменных.

3. Расчет эксплуатационной производительности ПА и РА в зависимости от использования получаемого в результате решения второй задачи оптимального состава ТА и времени простоев в ожидании ТА и корректировку элементов матрицы оптимизационной задачи.

4. Проведение вторичного расчета оптимального состава парков ТА, ПА, РА в соответствии с п.2 и п.3.

Системное обеспечение задач состоит из общего программного обеспечения, представленного системой *MSDOS*, пакета СУБД РИБУС, пакета линейного программирования ПЛИ88 и комплекса разработанных нами программ.

Комплекс программ обеспечивает:

- считывание с магнитного носителя из файлов базы данных (БД) необходимой нормативно-справочной и оперативной информации;
- расчет технико-экономических показателей (ТЭП) работы ТА/4/, ПА и РА;
- вывод результатов расчета на экран;
- формирование столбцов матрицы задачи линейного программирования (ЛП) с указанием имен ограничения и переменной для

каждого коэффициента столбца;

- занесение столбцов матрицы, правых частей и типов ограничений в файл БД;
- подсчет размерности созданной матрицы;
- формирование входного последовательного файла задачи ЛП;
- выбор из файлов БД нормативно-справочной информации по транспортным и погрузочным агрегатам и оперативной информации по работам, входящим в способ, являющийся базисным в оптимальном решении;
- расчет ТЭП работы ТА, ПА, РА с учетом простоев ПА и РА в ожидании ТА;
- корректировка базисных столбцов матрицы задачи ЛП;
- корректировка входного последовательного файла для задачи ЛП.

В результате реализации разработанных программ формируются файлы с входной информацией для оптимизационных задач по типичным хозяйствам.

Выходная информация по первому и третьему этапам является входной информацией для оптимизационных задач по типичным хозяйствам. Выходная информация второго и четвертого этапов представляет собой оптимальные составы парков автотранспортных и погрузочно-разгрузочных средств по типичному хозяйству.

Описание выходной и входной информации

Выходная информация содержит следующие расчетные показатели:

- эксплуатационные затраты за период (значения коэффициентов целевой функции, соответствующих технологическим операциям столбцов);
 - эксплуатационные производительности агрегатов за период (значения коэффициентов в ограничениях по объемам выполнения работ);
 - коэффициенты в ограничениях по количеству тракторов, погрузочных и разгрузочных средств;
 - приведенные капитальные вложения (значения коэффициентов целевой функции в столбцах, соответствующих покупке).
- В состав выходной информации входят файлы БД с описанием столбцов задачи ЛП (имя строки, имя столбца, значение коэффициента).

ента в матрице), а также результаты оптимального решения задач ЛП по типичному хозяйству.

Выходная информация для последующей идентификации результатов расчетов включает также нормативно-справочные данные по характеристикам технических средств и данные по технологиям перевозок грузов в типичных хозяйствах.

Входная информация, используемая для расчетов, состоит из нормативно-справочной информации, постоянной для всех типичных хозяйств, и оперативной информации, описывающей условия типичных хозяйств.

К нормативно-справочной информации относятся: сведения о типичных хозяйствах; технико-эксплуатационные характеристики ТА, ПА и РА, потребность в которых рассчитывается; характеристика всех перевозимых грузов; комплексные цены всех видов топлива; характеристика способов погрузки и разгрузки, данные о дорожных условиях.

В состав оперативной информации входят: характеристика перевозимых грузов в типичных хозяйствах; расстановка ТА, ПА и РА по работам в типичных хозяйствах.

Реквизитами входной информации являются: наименования типичного хозяйства, природно-экономической зоны, экономического района; шифр периода выполнения работы; количество рабочих дней в периоде k , продолжительность смены T , расстояние перевозки L , группа дорог; объем перевозимого груза Q ; коэффициенты соизмеримости объемов погрузки K_n и разгрузки K_m ; наименование груза; класс груза K_g ; объемный вес груза U_n ; марки автомобиля, прицепа, трактора, погрузчика; вид автомобиля (самосвалный/бортовой); вид топлива t_{op} ; балансовые цены автомобиля C_k , прицепа C_k , трактора C_t , погрузчика C_h ; нормы отчислений на реновацию автомобиля n_a , прицепа n_p , трактора R_{et} , погрузчика R_{ep} ; грузоподъемность ТА q ; норма расхода топлива Q_n ; норма отчислений на техобслуживание (ТО) ТА f_0 ; часовые ставки шофера C , тракториста ПА C_t , тракториста РА C_{tr} ; норма отчислений на ремонт шин h_2 ; количество шин в ТА p_1 ; цена одной шины, f_2 ; время на подъезды-отъезды при выполнении погрузочно-разгрузочных работ t_{no} ; нормативная годовая загрузка трактора T_t , погрузчика T_p ; норма отчислений на техобслуживание трактора To_t ; норма отчислений на текущий ремонт (ТР) трактора P_t ; техническая производительность: ПА W_n , РА W_m ; количество обслуживающего персонала ПА ct_p , РА ct_r ; расход

топлива: ПА qt_p , РА qt_r ; коэффициент использования времени смены: ПА K_{Ln} , РА K_{Lm} ; коэффициент дорожных условий K_d ; расход топлива на 100 тм h_1 ; наименование работы; наименования способов погрузки, разгрузки; нормы времени простоев ТА под погрузкой Ln , под разгрузкой tr ; средняя скорость движения ТА v ; количество возможных способов выполнения конкретной работы; комплексная цена горюче-смазочных материалов (ГСМ) co .

Принятые допущения

1. Годовой производственный цикл выполнения транспортных и погрузочно-разгрузочных работ в типичном хозяйстве разбивается на расчетные периоды с равной пятидневной продолжительностью. Если агротехнический срок не совпадает с началом расчетного периода, то при расчетах количество рабочих дней в периоде может быть меньше, чем 5 дней.

2. Среднетехническая скорость движения автомобилей принимается равной скорости движения по 3-й группе дорог. В расчетах в зависимости от информации о дорожном покрытии, отнесенном к одной из 3 групп (транспортировка в городе условно отнесена к IV группе дорог), изменяется среднетехническая скорость движения, являясь как нормативная.

3. В экономико-математической модели принято, что транспортировка грузов присутствует в способах выполнения работ всегда. Объем груза, подлежащий перевозке, может быть погружен и разгружен. Как погрузка, так и разгрузка выполняются, начиная от нуля в более раз.

4. Технико-экономическими коэффициентами в ограничениях по затратам транспортных и погрузочным средствам для автомобилей являются единицы, по прицепах - 0, 1 или 2. По тракторам и погрузчикам коэффициенты чаще всего представляют собой дробные величины, так как производительности ПА/РА соотносятся с производительностью ТА и с коэффициентами соизмеримости объемов погрузки-разгрузки. Таким образом, ограничения по объемам погрузки-разгрузки в задаче вводятся косвенно - через коэффициенты.

Этап I. При формировании задачи ЛП необходимо в каждом периоде по объемам транспортных работ расставить возможные наборы ТА, ПА и РА, рассчитать технико-экономические показатели работы этих агрегатов и занести полученные величины в специальные файлы БД с указанием координат их нахождения в матрице оптимизационной

задачи. Вычисления по приведенным ниже формулам проводятся в период t на выполнении работ вида j , i -м ТА, n -м ПА и m -м РА, поэтому индекс периода, вида работы, видов агрегатов в формулах опущены. Принята следующая последовательность проведения расчетов.

1. Активизируется файл БД, назначение которого - хранить в систематизированном виде рассчитанные ТЭП, имена переменных и ограничений.

2. Вводится с клавиатуры в ИЭВМ количество видов работ, включаемых в задачу, открывается цикл по количеству видов работ,

3. Из файла "Характеристика перевозимых грузов в типичном хозяйстве" по ключу "вид работы" выбираются: номер периода, количество рабочих дней в периоде, продолжительность смены, объем груза, расстояние перепозки, группа дорог, шифр груза, шифры способов погрузки-разгрузки.

4. Из файла "Характеристика грузов" для текущего вида работы по ключу "шифр груза" определяется класс перевозимого груза ТА.

5. Из файла "Характеристика дорожных условий" по ключу "группа дорог" определяются коэффициент дорожных условий и средняя скорость движения ТА.

6. В файле "Расстановка ТА, ПА, РА по работам в типичном хозяйстве" по ключу "вид работы" определяются шифры и количество вариантов ТА, ПА и РА. Открываются циклы по количествам вариантов ТА, ПА и РА.

7. Из файлов "Характеристика способов погрузки" и "Характеристика способов разгрузки" по ключам "шифр ПА" и "шифр РА" определяются нормы чистого времени простоя ТА под погрузкой и разгрузкой 1 т груза.

8. Из файла "Технико-эксплуатационные характеристики ТА" для текущего варианта ТА выбираются: грузоподъемность ТА, шифры автомобиля и прицепа, нормы времени на подъезд-отъезд при погрузке-разгрузке, тарифная ставка, основная норма расхода топлива, норма затрат на восстановление шин; количество шин в агрегате; цена одной шины. Из файлов "Справочник по автомобилям" и "Справочник по прицепах" по ключам "шифр автомобиля" и "шифр прицепа" определяются вид топлива и вид ТА, балансовые цены автомобиля и прицепа; нормы отчислений на реновацию автомобиля и при-

цепа; норма затрат на ТО.

9. В файле "Справочник комплексной цены топлива" для текущего варианта ТА по ключу "вид топлива" определяется комплексная цена топлива и дополнительная норма расхода топлива.

10. Подсчитываются за период:

$$E = \frac{K \cdot T \cdot U \cdot K_p \cdot 0,5}{2 \cdot (t_n + t_p + t_{no}) \cdot 60 \cdot q \cdot Q_5 \cdot U \cdot K_r \cdot K};$$

$$\text{производительность } W_i = E \cdot q \cdot K_r;$$

$$\text{грузооборот } B_3 + w \cdot L;$$

$$\text{общий пробег } L_1 = B_3 / (0,5 \cdot q \cdot K_p).$$

11. Рассчитываются эксплуатационные затраты на работу ТА за период:

затраты на оплату труда

$$S_1 = C \cdot T \cdot K \cdot 1,44;$$

затраты на топливо:

$$\text{для бортовых автомобилей } S_2 = 0,01 \cdot K_d \cdot (0,01 \cdot L_1 + h_1 \cdot B_3) \cdot C_0,$$

для самосвалов

$$S_2 = (0,01 \cdot K_d \cdot 0,01 \cdot L_1 + 0,25 \cdot E) \cdot C_0;$$

$$\text{затраты на шины } S_3 = 0,001 \cdot h_2 \cdot L_1 \cdot P_1 \cdot L_2;$$

$$\text{затраты на реновацию } S_4 = 0,001 \cdot L_1 \cdot (C_k \cdot n_5 + C_{kr} \cdot n_6) \cdot 1,02;$$

$$\text{затраты на ТО и ТР } S_5 = 0,001 \cdot L_1 \cdot U;$$

всего затрат на работу ТА за период

$$S_1 = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5.$$

12. В "Справочнике объемных весов грузов" по ключу "класс груза" находится объемный вес груза.

13. Из файла "Технико-эксплуатационные характеристики ПА" по ключу "шифр способа погрузки" устанавливается техническая производительность ПА.

14. Определяется эксплуатационная производительность ПА (без простоев на ожидание автомобилей) за период с учетом коэффициентов использования грузоподъемности ковша, грейфера и коэффициента использования времени смены погрузчик:

$$W_n = T \cdot K \cdot W_p \cdot U_n \cdot K_n.$$

15. Для расчета эксплуатационных затрат на работу ПА из файлов БД, характеризующих погрузочные агрегаты; выбираются: часовая тарифная ставка тракториста; количество обслуживающего персонала; расход ГСМ/электроэнергии; балансовые цены трактора и погрузчика; зональные годовые загрузки трактора и погрузчика; нормы затрат на ТО трактора и погрузчика; нормы затрат на ТР трактора и погрузчика; нормы затрат на реновацию трактора и погрузчика. Подсчитываются затраты:

на оплату труда

$$Z = T \cdot K \cdot Ct \cdot Atp \cdot 1,55;$$

на топливо

$$Z_k = W_n \cdot q \cdot p \cdot Cb;$$

на ТО, ТР и реновацию

$$Z_1 = \left(\frac{C_1 \cdot (Rt + Tot + Ret \cdot 0,9)}{Tt} + \frac{Ck \cdot (Rp + Top + Rcp \cdot 0,9)}{Tp} \right) \cdot T \cdot K;$$

всего затрат на работу ПА за период

$$S_n = Z_1 + Z_k + Z_2.$$

16. Из файла "Технико-эксплуатационные характеристики ПА" устанавливается техническая производительность разгрузчика. Подсчитывается эксплуатационная производительность РА (без простоев на ожидание ТА) за период, но с учетом коэффициента использования грузоподъемности и коэффициента использования времени смены.

$$W_m = T \cdot K \cdot W_r \cdot U_n \cdot K_m.$$

17. Эксплуатационные затраты (S_m) на работу РА определяются по тем же формулам, что и на работу ПА.

18. Закрываются циклы по РА, ПА и ТА.

19. Формируется матрица задачи ЛП. Для этого для рассмотренных вариантов РА, ПА и ТА вычисляются:

коэффициенты сопоставимости производительностей

$$K_{sn} = W_L / W_n, \quad K_{sm} = W_L / W_m;$$

количество персонала, обслуживающего ТА, ПА, РА

$$Q_r = Q_{rL} + Q_{rn} \cdot K_{sn} \cdot K_n + Q_{rm} \cdot K_{sm} \cdot K_m;$$

затраты на выполнение работы ТА, ПА, РА

$$S = S_L + S_n \cdot K_{sn} \cdot K_n + S_m \cdot K_{sm} \cdot K_m;$$

технико-экономические коэффициенты в ограничениях по количеству ПА и РА

$$K_{pn} = A_{pn} \cdot K_{sn} \cdot K_n, \quad K_{pm} = A_{pm} \cdot K_{sm} \cdot K_m;$$

коэффициенты в ограничениях по количеству ПА, если на погрузке и разгрузке используется один и тот же агрегат

$$K_{2pn} = K_{en} + K_{pm};$$

годовые капитальные вложения

$$E_r = C_k \cdot E_n; \quad E_{rt} = C_{kt} \cdot E_n; \quad E_L = C_L \cdot E_n; \quad E_{Lt} = C_{Lt} \cdot E_n.$$

В файл с матрицей задачи записываются полученные коэффициенты и константы по объемам грузов и наличию техники с указанием их расположения в матрице задачи.

20. Закрывается цикл по количеству видов работ.

21. Определяется размерность полученной матрицы задачи ЛП, поля файла БД с матрицей задачи копируются в текстовые файлы, которые затем преобразуются во входной последовательный файл задачи ЛП в соответствии с требованиями ПЛМ88.

Этап 2. В основу расчета оптимальной потребности конкретного типичного хозяйства в ТА, РА, ПА положена экономико-математическая модель оптимального комплектования автопарка и парка погрузочно-разгрузочных средств /5/.

Цель этапа — определить такой состав автопарка и парка ПРС в хозяйстве, который обеспечивал бы погрузку, разгрузку и транспортировку всех подлежащих автомобильной перегрузке грузов в установленные сроки при минимуме приведенных затрат:

$$Z_{min} = \sum_{i,j,t} \sum_{n,m} (S_{ijt} + S_{njt} \cdot \frac{W_{Lij}}{W_{Ln}} \cdot K_{nte} + S_{mjt} \cdot \frac{W_{Lij}}{W_{Lm}} \cdot K_{mje}) \cdot X_{ijt} \cdot E_n \left(\sum_{k \in K} C_k \cdot X_k + \sum_{L \in L} C_L \cdot X_L + \sum_{r \in R} C_r \cdot X_r \right),$$

где i — индекс автотранспортного агрегата (ТА); n — индекс ПА; m — индекс РА; r — индекс специальности работника; j — индекс вида груза; t — индекс расчетного периода; I_j — множество ТА, выполняющих перевозку j -го вида груза; N_j — множество ПА, выполняющих погрузку j -го вида груза; M_j — множество РА, выполняющих разгрузку j -го вида груза; R — множество специальностей работников; K — индексы марок автомобиля, прицепа; L — индексы марок трактора, погрузчика, входящих в ПРС; K — множество марок автомобилей (прицепов); L — множество марок тракторов (погрузчиков); T — множество, включающее номер периодов выполнения работ; S_{ijt} — текущие эксплуатационные затраты i -го ТС на перевозке j -го вида груза в период t ; X_{ijt} — искомая переменная, обозначающая количество i -го вида ТА, используемых на перевозке j -го вида груза в t -й период; S_{njt} — текущие эксплуатационные затраты n -го ПА на погрузку j -го вида груза в t -й период;

S_{njt} - текущие эксплуатационные затраты m -го РА на разгрузке j -го вида груза в t -й период; W_{ijt} - производительность i -го варианта ТА на перевозке j -го вида груза в t -й период; K_{njt} - коэффициент соизмеримости объемов перевозок и погрузки j -го вида груза в t -й период; W_{mjt} - производительность m -го варианта ПА на погрузке j -го вида груза в t -й период; K_{mjt} - коэффициент соизмеримости объемов перевозки и разгрузки j -го вида груза в t -й период; W_{njt} - производительность n -го варианта ПА на погрузке j -го вида груза в t -й период; E_n - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; C_K, C_C - стоимость приобретения автомобиля (прицепа) k -й марки, одного трактора (погрузчика/разгрузчика) l -й марки соответственно; C_r - стоимость привлечения работника r -й специальности; x_K, x_C, x_r - искомые переменные, обозначающие количество покупаемых автомобилей (прицепов), тракторов (погрузчиков/разгрузчиков), привлекаемых работников соответственно.

Ограничения

1. По выполнению объема всех подлежащих перевозке видов грузов по всем периодам:

$$\sum_{t \in T} \sum_{j \in J} W_{ijt} \cdot x_{ijt} = Q_{jt},$$

где Q_{jt} - заданный объем перевозки j -го вида груза в t -й период.

2. По определению количества транспортных средств (автомобилей и прицепов) x_{kt} , обеспечивающих перевозку всех видов грузов в заданный период:

$$x_{kt} \geq \sum_{j \in J} Q_{kijt} \cdot x_{ijt} (kek, t \in T),$$

где Q_{kijt} - количество ТС k -й марки, работающих в i -м ТС на перевозке j -го вида груза в t -й период.

3. По определению количества погрузочных средств x_{lt} , обеспечивающих погрузку и разгрузку всех видов грузов в заданный период:

$$x_{lt} \geq \left(\sum_{n \in N} \sum_{j \in J} Q_{lnjt} \cdot \frac{W_{ljt}}{W_{njt}} \cdot K_{njt} + \sum_{m \in M} \sum_{j \in J} Q_{mjt} \cdot \frac{W_{ljt}}{W_{mjt}} \cdot K_{mjt} \right) \cdot x_{ijt} (l \in L, t \in T),$$

где Q_{lnjt} - количество ПС l -й марки, работающих в n -м погрузочном агрегате на погрузке груза j -го вида в период t ; Q_{mjt} - количество РС l -й марки работающих в m -м разгрузочном агрегате на разгрузке груза j -го вида в период t .

4. По определению количества трудовых ресурсов, необходимых для обслуживания ТС и ПРС, обеспечивающих выполнение всех

видов работ в заданный период:

$$x_{rt} \geq \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} Q_{rijt} \cdot x_{ijt} + \sum_{n \in N} \sum_{j \in J} Q_{rnjt} \cdot \frac{W_{ljt}}{W_{njt}} \cdot K_{njt} \cdot x_{ijt} + \sum_{m \in M} \sum_{j \in J} Q_{rmjt} \cdot \frac{W_{ljt}}{W_{mjt}} \cdot K_{mjt} \cdot x_{ijt} (r \in R, t \in T),$$

где $Q_{rijt}, Q_{rnjt}, Q_{rmjt}$ - количество работников r -й специальности, обслуживающих i, n, m агрегаты на перевозке, погрузке или разгрузке

j -го вида груза в t -й период.

В результате решения оптимизационной задачи получается набор x количественный состав ТА и набор ПА и РА, занятых на перевозке всех видов груза на все заданные расстояния. Причем состав ПА и РА определяется без учета простоев ПА и РА в ожидании ТА.

Этап 3. На данном этапе необходимо рассчитать эксплуатационную производительность ПА и РА уже с учетом времени простоев из-за ожидания взаимодействия с ТА и внести коррективы в матрицу оптимизационной задачи. Последовательность выполнения расчетов в периоде t указанных показателей представится следующим образом.

1. Для набора ПА и РА вычисляются x_{nj} и x_{mj} - количество этих агрегатов, используемых на погрузке и разгрузке j -го вида груза:

$$x_{nj} = \frac{W_{ij}}{W_{nj}} \cdot x_{ij}; \quad x_{mj} = \frac{W_{ij}}{W_{mj}} \cdot x_{ij}.$$

2. Определяется объем груза, приходящийся на один погрузчик (разгрузчик):

$$Q_{nj} = K_{nj} \cdot Q_j / x_{nj}; \quad Q_{mj} = K_{mj} \cdot Q_j / x_{mj},$$

где K_{nj}/K_{mj} - коэффициенты соизмеримости объемов перевозки и погрузки/разгрузки j -го вида груза; Q_j - объем перевозки j -го вида груза;

3. Определяется средняя грузоподъемность ТА, занятых на перевозке j -го вида груза

$$q_{cp} = \frac{\sum_i x_{ij} \cdot q_i}{\sum_i x_{ij}},$$

где x_{ij} - оптимальное количество ТА i -го вида, используемое на перевозке j -го вида груза; q_i - грузоподъемность ТА i -го вида.

4. Определяется количество машин-рейсов, приходящихся на один ПА,

$$n_p = Q_{nj} / q_{cp}; \quad m_p = Q_{mj} / q_{cp}.$$

5. Рассчитывается время загрузки (разгрузки) одного ТА

$$t_{nj} = t_{no} / 60 \cdot q_{cp} + \frac{q_{cp}}{W_{nj}}; \quad t_{mj} = t_{no} / 60 \cdot q_{cp} + \frac{q_{cp}}{W_{mj}},$$

где t_{no} – нормы времени на вспомогательные операции (подъезды, отъезды и др.) при погрузке и разгрузке ТА; W_{nj} (W_{mj}) – производительность ПА (РА) без простоев в ожидании ТА на погрузке (разгрузке) j -го вида груза.

6. Определяется общее время работы одного ПА и РА на погрузке/разгрузке груза j -го вида.

$$t_n = t_{nj} \cdot M_n; \quad t_m = t_{mj} \cdot M_m.$$

7. Определяются коэффициенты использования времени смены ПА и РА на j -м виде груза

$$K_{in} = t_n / (T \cdot K); \quad K_{im} = t_m / (T \cdot K).$$

8. Рассчитываются эксплуатационные производительности ПА и РА на погрузке и разгрузке j -го вида груза с учетом простоев в ожидании ТА

$$W'_{jn} = W_{jn} \cdot K_{in}; \quad W'_{jm} = W_{jm} \cdot K_{im}.$$

9. Значения W'_{jn} , W'_{jm} в файле с матрицей задачи ЛП заменяются на значения W'_{jn} и W'_{jm} соответственно.

Согласно этим показателям корректируется (в ограничениях по количеству тракторов, погрузчиков и обслуживающего персонала) коэффициенты, соответствующие базисным способам решения задачи ЛП, сформированной для условий типичного хозяйства.

Способы, не вошедшие в базис оптимального плана, исключаются из рассмотрения в следующем оптимизационном расчете их физическим удалением либо значительным завершением величины коэффициентов целевой функции этих способов.

Этап 4. Проводится второй оптимизационный расчет, в результате которого получают оптимальные составы ТА, ПА и РА.

Оптимальные составы автотранспортных и погрузочно-разгрузочных средств по типичным хозяйствам природно-экономических зон являются базой для определения нормы потребности этих зон в грузовых автомобилях, прицепах и универсальных погрузочно-разгрузочных средствах на планируемый период (пятилетку).

Правильность составленного алгоритма решения задачи и комплекса разработанных программ, реализующих этот алгоритм, проверялась в лабораторных условиях.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Определение состава парка погрузочно-разгрузочных средств при планировании нормативов потребности в них может

быть осуществлено решением задачи линейного программирования.

2. Экономико-математическая модель задачи может быть единой для автотранспортных и технологически связанных с ним погрузочно-разгрузочных средств.

3. Способы выполнения транспортных и погрузочно-разгрузочных работ следует объединить в одном-путем расчета коэффициентов соотношения производительностей транспортных и погрузочно-разгрузочных средств (установлением приоритета за способом перевозки).

4. Первое оптимальное решение представляет оптимальную потребность только в ТА, второе решение, подготовленное с учетом результатов первого решения и времени простоев ИРС в ожидании транспорта, – оптимальную потребность в ТА, ПА и РА.

5. Метод получения оптимальной потребности типичных хозяйств в автомобилях, прицепах, погрузочно-разгрузочных средствах и методический подход к автоматизированной подготовке исходной информации для оптимизационной задачи могут быть использованы при разработке нормативов на пятилетку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика разработки нормативов объемов перевозок грузов и норм потребности в грузовых и специализированных автомобилях и прицепах для колхозов, совхозов и других сельскохозяйственных предприятий АПК /Всесоюзный науч.-исследовательский институт механизации сельского хозяйства; Науч.-исследовательский институт планирования и нормативов.– М., 1986.– 60 с.

2. Методика разработки норм потребности сельского хозяйства в универсальных средствах механизации для погрузочно-разгрузочных работ в колхозах и совхозах /Всесоюзный науч.-исследовательский институт механизации сельского хозяйства; Науч.-исследовательский институт планирования и нормативов.– М., 1986.– 23 с.

3. Пакет линейного программирования для ЭВМ: Руководство пользователя. – Новосибирск, 1989.– 37 с.

4. Автоматизированный расчет технико-экономических показателей работы автотранспорта: Методические рекомендации/ СО ВАСХНИЛ, СибНИИЗ. – Новосибирск, 1989.– 45 с.

5. Кравченко Р.Г. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве. — М.: Колос, 1978. — 422 с.

Доктор технических наук
профессор Б.Д.Докин
(СибИМЭ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ МАШИН В УСЛОВИЯХ МНОГООКЛАДНОЙ ЭКОНОМИКИ

В последнее десятилетие процесс разработки системы машин для комплексной механизации растениеводства нашей страны напоминает движение автомобиля по кругу с глубокой наезженной колеей. Чтобы ни предпринимал водитель, автомобиль не может свернуть в сторону — вправо или влево на новый путь. Он может двигаться только по наезженной колее. А жизнь требует новых путей и подходов.

Появление коллективов интенсивного труда (КИТы) и арендных бригад потребовало пересмотреть концепции создания системы машин для механизации растениеводства. Эти коллективы заинтересованы иметь универсальные базовые сельскохозяйственные машины с набором сменных рабочих органов. Так, за счет сменных рабочих органов можно увеличить годовую загрузку серийного лузильника ЛДГ-10 в 8-10 раз и выполнять дополнительно 8-10 технологических операций.

Рядом сибирских НИИ была разработана экономико-математическая модель технического обеспечения подрядных коллективов /1/. Эта модель позволяет получить максимальную прибыль от возделывания сельскохозяйственных культур, определить потребность технического обеспечения подрядного коллектива и рассчитать планы выполнения работ не только для растениеводства, но и для животноводства. Преимущество данной модели перед ранее используемыми заключается в объединении оптимизации использования ИТП и выбора сочетания сортов культур и технологий их возделывания. Такой подход позволяет обеспечивать даже на зерновых севооборотах достаточно равномерную загрузку механизаторов и сводить практически к нулю потери от несвоевременного выполнения работ. Это, в свою

очередь, дает возможность одному механизатору выполнять весь объем работ на площади 400-500 га пашни вместо существующих 200.

В модели используются следующие обозначения:

R, K, L — множество соответственно севооборотов, подразделений в хозяйстве, культур;

F — множество сортов культур и технологий их возделывания;

N — множество профессий;

N_k — множество профессий, имеющихся в K -м подразделении;

I — множество энерго- и сельскохозяйственных машин;

I_k — множество видов техники, закрепленной за K -м подразделением;

I^1 — множество видов техники, подпадающей закреплению за подразделениями;

I^2 — множество видов техники, не закрепленной за подразделениями;

J — множество работ, выполняемых при J -й технологии возделывания сельскохозяйственных культур;

L_k, L_k — множество культур, возделываемых в K -й подразделении и входящих в Z -й севооборот;

F_j — множество технологий возделывания L -й культуры;

S_j — множество способов (или агрегатов) выполнения J -й работы;

T — множество периодов выполнения механизированных работ.

Известны величины:

Q_j^1 — сменная производительность S -го агрегата при выполнении J -й работы;

S_j^1 — площадь L -й культуры, выращиваемой в хозяйстве и в K -м подразделении;

K_{jz} — поправочный коэффициент использования рабочего времени, учитывающий погодные условия при выполнении J -й работы в период z ;

$V_j^{t, z}$ — объем J -й работы, выполняемой на 1 га L -й культуры по L -й технологии возделывания;

Q_k^2 — количество машин i -го вида, закрепленных за K -м подразделением и используемых в хозяйстве в период t (с учетом списания и поставки техники);

N_k^2 — количество рабочих n -й профессии, используемых в K -м под-

разделении и в хозяйстве (с учетом сезонных рабочих);

$M_{j_1 j_2}^{12}$ -- коэффициент взаимосвязи работ j_1 и j_2 ;

$D_{j_1 j_2}^{12}$ -- допустимое отклонение выполняемых объемов взаимосвязанных работ j_1 и j_2 ;

β_1^2, β_2^2 -- соотношение площадей ℓ_1 и ℓ_2 культур в 2-м севообороте;

ζ_1^2, ζ_2^2 -- максимально допустимые коэффициенты смещенности i -й машины и рабочих n -й профессии в период t ;

σ^t -- продолжительность периода t (в рабочих днях);

λ_i^s -- количество i -й машин, входящих в s -й агрегат;

μ_n^s -- количество рабочих n -й профессии, обслуживающих s -й агрегат;

c_j^s -- сменные затраты на выполнение j -й работы s -м агрегатом;

$\bar{c}_\ell^t$ -- цена за единицу продукции ℓ -й культуры при возделывании по f -й технологии;

$\bar{c}_n^t$ -- дополнительные затраты, связанные с переводом одного рабочего n -й профессии из одного подразделения в другое на период t ;

$\bar{c}_i^t$ -- дополнительные затраты, связанные с переводом i -й машины из одного подразделения в другое на период t ;

$\bar{c}_n^t$ -- дополнительные затраты, связанные с переводом рабочего n -й профессии из одного подразделения в другое на весь год;

$\bar{c}_i^t$ -- дополнительные затраты, связанные с переводом i -й машины из одного подразделения в другое на весь год.

Исходные величины:

$\bar{x}_\ell^{tK}$ -- дополнительная площадь ℓ -й культуры, которую целесообразно разноразно возделывать в K -м подразделении;

$\bar{x}_\ell^{tK}$ -- площадь ℓ -й культуры, которую целесообразно передать из K -го подразделения на возделывание в каком-либо другом подразделении;

$\bar{x}_\ell^{tK}$ -- площадь ℓ -й культуры, возделываемой в K -м подразделении по f -й технологии;

$x_{j_1 j_2}^{sK}$ -- количество машино-смен использования s -го агрегата на j_1 -й работе в период t для K -го подразделения при f -й технологии возделывания ℓ -й культуры;

$z_i^t, \bar{z}_i^t$ -- число машин i -й марки, которое необходимо дополнительно передать в K -е подразделение на период t и на год;

$\bar{z}_i^t, \bar{z}_i^t$ -- число машин i -й марки, которое может быть передано из K -го подразделения в другое на период t и на год;

V_n^{tK}, V_n^{tK} -- количество рабочих n -й профессии, которое целесообразно привлечь в K -е подразделение из других подразделений на период t и на год;

$\bar{V}_n^{tK}, \bar{V}_n^{tK}$ -- количество рабочих n -й профессии, которое можно передать из K -го подразделения на период t и на год;

y_ℓ^{tK} -- урожайность ℓ -й культуры при f -й технологии ее возделывания.

Экономико-математическая модель включает следующие ограничения:

1. Объем площади каждой культуры в хозяйстве определен на севообороте:

$$\sum_{K \in K} p^{\ell K} + \sum_{K \in K} \bar{x}^{\ell K} - \sum_{K \in K} \bar{x}^{\ell K} = p^{\ell}, \quad \ell \in L.$$

2. В каждом подразделении соблюдается соотношение площадей культур согласно требованиям севооборота:

$$p^{\ell_1 K} + \bar{x}^{\ell_1 K} - \bar{x}^{\ell_1 K} = \beta^2 \ell_1 \ell_2 (p^{\ell_2 K} + \bar{x}^{\ell_2 K} - \bar{x}^{\ell_2 K}),$$

$$\ell_1, \ell_2 \in L, \quad Z \in R, \quad K \in K.$$

3. Технологии возделывания культур ограничены площадью этих культур:

$$\sum_{f \in F_\ell} \bar{x}_f^{\ell K} = p^{\ell K} + \bar{x}^{\ell K} - \bar{x}^{\ell K}, \quad \ell \in L, \quad K \in K.$$

4. Работы должны выполняться в заданном объеме на всей площади применения данной технологии:

$$\sum_{t \in T} \sum_{K \in K} Q_j^s x_{j_1 j_2}^{sK} = \mu_n^s \bar{x}_n^t, \quad j \in J, \quad s \in S, \quad \ell \in L, \quad K \in K.$$

5. Для каждой технологии выполнения взаимосвязанных работ должно быть согласовано по времени и объемам:

$$-D_{j_1 j_2}^{12} \leq \sum_{t \in T} \sum_{K \in K} Q_j^s x_{j_1 j_2}^{sK} - \sum_{t \in T} \sum_{K \in K} Q_{j_2}^s x_{j_1 j_2}^{sK} \leq D_{j_1 j_2}^{12},$$

$$j_1, j_2 \in J, \quad s \in S, \quad \ell \in L, \quad K \in K.$$

6. Количество машино-смен техники i -го вида, находящейся в работе в период t , не превышает ее ресурса в целом и по подразделениям:

$$\sum_{\ell \in L} \sum_{f \in F_\ell} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \lambda_i^s x_{j_1 j_2}^{sK} \leq Q_i^t \sigma^t + \tau_i^t \sigma_i^t (z_i^t + \bar{z}_i^t - \bar{z}_i^t),$$

$$\ell \in L, \quad t \in T, \quad K \in K;$$

$$\sum_{K \in K} (Q_i^t + \bar{z}_i^t + \bar{z}_i^t - \bar{z}_i^t) \leq Q_i^t, \quad \ell \in L, \quad t \in T;$$

$$\sum_{\ell \in L} \sum_{f \in F_\ell} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \lambda_i^s x_{j_1 j_2}^{sK} \leq Q_i^t \sigma^t + \tau_i^t \sigma_i^t, \quad \ell \in L, \quad t \in T.$$

7. Количество человеко-смен рабочих n -й профессии в период t не должно превышать ресурса в целом и по подразделениям:

$$\sum_{\ell \in L} \sum_{f \in F_\ell} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \mu_n^s x_{j_1 j_2}^{sK} \leq R_n^t \sigma^t + \tau_n^t \sigma_n^t (y_n^t + \bar{y}_n^t - \bar{y}_n^t),$$

$$n \in N, \quad K \in K, \quad t \in T;$$

$$\sum_K (R_n^t + \bar{y}_n^t + \bar{y}_n^t - \bar{y}_n^t) \leq R_n^t, \quad n \in N, \quad t \in T.$$

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
17	01.09	11	42,9
18	16.09	12	51,5
19	04.10	66	15,4
20	31.12	81	13,0

Таким образом, при численности подрядного коллектива в три человека их загрузка в I-3, 10-12, 19 и 20 периодах будет не более одной смены. В эти периоды механизаторы имеют возможность выполнять ТО и ремонт тракторов и комбайнов. В 4-9, 13-18 периоды загрузка механизаторов колеблется от 1,3 до 1,6 смен за рабочий день. Подрядный коллектив перегружен в течение трех месяцев. При этом общий объем механизированных работ, выполняемых всеми членами подрядного коллектива в течение года, оставляет 490 человеко-смен.

Если в подрядный коллектив будет привлечен еще один механизатор, то они смогут выполнять все работы почти без перегрузок. Однако, если учесть, что один человек в году должен отработать 280 человеко-смен, то четыре человека практически будут загружены в течение года менее чем на 50%. При численности подрядного коллектива в три человека годовая загрузка механизаторов на 1470 га зернового севооборота составит 490 человеко-смен, т.е. 60% норматива. Следовательно, подрядный коллектив должен состоять из трех механизаторов. Если механизаторы в незагруженные периоды будут выполнять работы по ТО и ремонту техники, то их загрузка за год составит около 80% нормативной. Для полной загрузки механизаторам целесообразно в свободное время выполнять дополнительные работы (например, в животноводстве) в объеме 200 человеко-смен.

Анализ данных по использованию энергомашин показывает, что трактор МТЗ-82 применяется в 9-12 периодах на внесении удобрений и химической прополке при объеме 32 машино-смены. Таким образом, целесообразно МТЗ-82 за подразделением не закреплять, а привлечь на время. Объем работ, выполняемый комбайнами, велик, поэтому рекомендуется иметь один резервный комбайн.

Для транспортных работ целесообразно привлечь трех

зодителей и три автомобиля ГАЗ-53А. Транспортировка с поля на ток предполагается на расстояние 10-15 км.

Результаты расчета показывают, что три механизатора могут выполнять весь объем механизированных работ на площади 1470 га зернового севооборота, т.е. на одного механизатора приходится 490 га при существующем нормативе 200 га. Объем яровой продукции в расчете на одного механизатора составит 60-70, а с учетом работы по ТО и ремонту техники, а также дополнительных работ в животноводстве - 90 тыс.руб. в год.

Еще большие противоречия внесло зарождение фермерских хозяйств в регионе и в стране. Детальный анализ показывает, что, например, в Сибири если фермер занимается животноводством ему, как минимум, необходим трактор Т-25 или Т-40, а лучше трактор типа МТЗ. Причем сейчас еще раз подтвердились выводы из результатов исследований СибГСКТБ и СибНИИЗ, что в свое время напрасно был снят с производства трактор МТЗ-50/52. До 30% парка его целесообразно было бы выпускать и в настоящее время. Если фермер занимается картофелеводством, то наиболее выгодно иметь до 30 га посадок, где целесообразно использовать комплекс машин на базе трактора МТЗ-82. Если фермер для полеводства выбрал трактор Т-25 или Т-40, то для них есть разработанные комплексы машин, многие из которых выпускаются серийно.

Для проверки эффективности отдельных технических средств и технологических операций, а также выбора рациональных технологий в целом необходима имитационная модель возделывания и уборки зерновых культур в условиях Сибири.

Процесс моделирования начинается с прогноза дат перехода температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ и почвы в мягкопластичное состояние. По данным Западно-Сибирского управления по гидрометеорологии и контролю природной среды (метеословия анализировались за 40 лет с 1946 по 1985 гг.), даты наступления мягкопластичного состояния почвы колеблется вокруг средней и приведены в табл. 3. А даты перехода средней суточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$ и $+10^{\circ}\text{C}$ весной зависят в зависимости от уровня вероятности (табл. 4).

Агрометеорологи за возможный срок посева ранних яровых зерновых культур принимают дату, по времени наступления которой в 80-90% лет отмечается устойчивый переход среднесуточ-

Таблица 3

Наступление мягкопластичного состояния почвы с различной вероятностью

Средняя	Дата мягкопластичного состояния почвы					
	Вероятность, %					
	10	25	50	75	90	
25 IV	15 IV	20 IV	25 IV	30 IV	5 У	
30 IV	20 IV	24 IV	30 IV	5 У	10 У	
5 У	25 IV	29 IV	5 У	10 У	15 У	
10 У	30 IV	4 У	10 У	16 У	20 У	

Таблица 4

Переход средней суточной температуры воздуха через 5°C и 10°C весной при различных уровнях вероятности

Средняя	Дата перехода температуры воздуха через									
	5°C					10°C				
	вероятность, %					вероятность, %				
	10	25	50	75	90	10	25	50	75	90
23 IV	13 IV	18 IV	23 IV	28 IV	1 У	9 У	1 У	4 У	9 У	12 У
25 IV	15 IV	20 IV	25 IV	30 IV	3 У	11 У	3 У	6 У	11 У	14 У
27 IV	17 IV	22 IV	27 IV	2 У	5 У	13 У	5 У	8 У	13 У	16 У
29 IV	19 IV	24 IV	29 IV	4 У	7 У	15 У	7 У	10 У	15 У	18 У
1 У	21 IV	26 IV	У	6 У	9 У	17 У	12 У	12 У	16 У	20 У
3 У	23 IV	28 IV	3 У	8 У	11 У	19 У	11 У	14 У	19 У	22 У
5 У	25 IV	30 IV	5 У	10 У	13 У	21 У	13 У	16 У	21 У	24 У

ной температуры воздуха через +5°C, почва просыхает до мягкопластичного состояния, и не более чем в 10% лет яровые зерновые культуры могут быть повреждены осенними заморозками интенсивностью -3°C.

Для составления прогноза используются следующие материалы:

- прогностические уравнения связи;
- сведения о дате установления снежного покрова;
- сведения о дате хозяйственного срока посева яровой

пшеницы на участке наблюдения, регистрируемого агрогидрометеорологической станцией;

- сведения о типе почвы по станциям.

Продолжительность Y_1 (в днях) от даты образования устойчивого снежного покрова (осенью) до даты перехода почвы в мягкопластичное состояние на глубине 0-2 см находится из следующего прогностического уравнения связи /2/:

$$Y_1 = 220,6 - 1,34x_1,$$

где x_1 - дата образования устойчивого снежного покрова (отсчет ведется от 1 октября),

При этом коэффициент корреляции (r) был 0,846, стандартное отклонение регрессии - $S_y = \pm 13,34$, среднеквадратическое отклонение - $\sigma = \pm 25$. Уравнение действует в пределах 8.X - 21.XI.

Для отдельных типов почв, например, для черноземов обыкновенных уравнение это имеет вид /2/:

$$Y_2 = 200,9 - 1,00x_1,$$

$$(r = 0,893, S_y = \pm 9,09, \sigma = \pm 20).$$

Продолжительность Y_3 (в днях) от даты образования устойчивого снежного покрова до даты перехода температуры воздуха через +5°C весной находится из уравнения /2/:

$$Y_3 = 213,59 - 1,17x_1,$$

$$(r = 0,856, S_y = \pm 10,86, \sigma = \pm 21).$$

Уравнение действует в пределах 7.IV - 25.V. Сумма активных температур (Y_4) за период от даты устойчивого перехода температуры воздуха через +5°C весной до даты устойчивого перехода ее через 10°C осенью находится из уравнения /2/:

$$Y_4 = -13,05x_2 + 2499,3$$

$$(r = 0,554, S_y = \pm 23,1, \sigma = \pm 27,4),$$

где x_2 - дата устойчивого перехода температуры воздуха через 5°C весной (отсчет от первого апреля).

Продолжительность Y_5 (в днях) от даты образования устойчивого снежного покрова до даты посева яровой пшеницы (дата начала хозяйственного срока посева) находится из уравнения /2/:

$$y_5 = 235,0 - 1,12x_1$$

$$(z = 0,878, \quad sy = \pm 9,35, \quad \sigma = \pm 20),$$

где x_1 — дата образования устойчивого снежного покрова.

Зная начало и конец посевных работ по зерновым и другим культурам, а также функции урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от сроков посева или посадки, а также научно обоснованный или реальный уровень технической оснащенности уборочных работ, можно составить план проведения (интенсивность) посевных работ по зерновым и другим сельскохозяйственным культурам. Зная сроки посева зерновых культур по отдельным полям, можно составить графики созревания отдельных культур по конкретным полям. Такие расчеты позволяют обоснованно подойти к определению сроков проведения посевных, уборочных и других видов полевых работ и уровня технической оснащенности этих видов работ.

В результате проведенных исследований установлено, что вероятность созревания яровой пшеницы в первой декаде сентября при посеве 10 мая — 80–100%, 20 мая — 65–95%, 30 мая — 35–80%. Вероятность же созревания во второй декаде сентября равна: при посеве 10 мая — 90–100%, 20 мая — 80–100%, 30 мая — 60–90%.

Исследования отдела зерноуборки СибИМЗ показали, что количество рабочих дней в зависимости от технологии уборки и от принятого уровня вероятности колеблется от 10 ($P=0,95$) до 17 ($P=0,60$) дней для жатки МШН и от 14 ($P=0,95$) до 22 ($P=0,60$) дней — для прямого комбайнирования (табл. 5). Если избрана стратегия убирать урожай за 15 рабочих дней при уровне вероятности 0,75, то это означает, что в 75% случаев из 100 хозяйств справится с объемами уборочных работ, а для 25% необходим резерв или альтернативная всепогодная технология уборки зерновых культур. Такой технологией может быть технология уборки с дозреванием и обмолом на стационаре.

Таким образом, если уборочные работы будут выполняться в течение 12–15 рабочих дней, то посевные работы нет смысла проводить за меньшее количество рабочих дней.

На основании многолетних данных были определены наиболее вероятные даты перехода средней суточной температуры воздуха через 10° , 5° , 0° осенью и образования устойчивого снежного

покрова, а также наступления фаз развития яровых и озимых зерновых культур.

Наличие наиболее вероятных сроков проведения сельскохозяйственных работ в значительной мере позволяет уменьшить степень неопределенности. Платой за оставшуюся неопределенность может быть либо десятипроцентный резерв технических средств, либо наличие резерва альтернативных технологий, не зависящих от погодных условий. Для отдельных процессов, таких как уборка и послеуборочная обработка зерновых культур, могут решаться отдельные задачи с более глубоким учетом стохастического характера метеослучаев /3/.

На основании теоретических и экспериментальных исследований СибИМЗ /4, 5, 6/ и СибНИИССХ /7/ ведётся разработка лимитационной модели возделывания и уборки зерновых культур в условиях Сибири.

В 1989–1990 гг. СибИМЗ по заданию Министерства сельского хозяйства и продовольствия РСФСР были проведены исследования по обоснованию потребности в механизаторских и технических средствах при различных формах организации труда.

В результате проведенных исследований установлено, что при оптимизации состава МТП колхозов и совхозов при бригадной (традиционной) форме организации труда по методике СибИМЗ и ИМ СО АН СССР потребность в бадрах и сельскохозяйственной технике близка к нормативной потребности, поскольку нормативы были получены на основании подобных расчетов. При проведении расчетов технической оснащенности и потребности в механизаторах на основе коллективов интенсивного труда по этой методике потребность в механизаторах и сельскохозяйственной технике зависела в 1,6–1,9 раза.

Проведения расчетов технической оснащенности и потребности в механизаторах на основе кооперативных коллективов и семейного подряда по новой методике СибИМЗ оптимизации технической оснащенности показало, что они наиболее полно соответствуют реальной технической оснащенности и потребности в механизаторах, которые проверены в реальных производственных условиях в течение 4 лет в колхозе "Большевик" Ордынского района Новосибирской области и в течение 2 лет в Карымском районе Читинской области.

Таблица 5
Изменения количества рабочих дней в зависимости от технологии уборки

Вероятность рабочих дней	Количество рабочих дней за период															
	август								сентября							
	Коченево				Колывань				Коченево				Колывань			
	ВН	ЖН	прямое комбайнирование	число погожих дней	ЖВН	ЖЖН	прямое комбайнирование	число погожих дней	МВН	МЖН	прямое комбайнирование	число погожих дней	МВН	МЖН	прямое комбайнирование	число погожих дней
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
95	2	6	7	18	1	1	3	16	2	6	10	21	1	4	6	19
90	3	7	9	19	1	2	5	18	3	7	11	23	2	6	8	21
80	5	9	12	20	2	4	8	21	4	8	13	24	4	8	10	22
70	7	11	13	21	3	6	11	22	5	10	14	24	5	9	11	23
60	10	13	15	22	4	8	14	23	7	12	16	25	7	10	13	24
50	12	14	16	23	5	9	15	24	9	14	17	26	8	11	14	24
40	14	16	17	24	7	11	17	25	11	16	18	26	9	12	16	25
30	16	17	18	25	10	13	18	26	13	18	20	27	11	15	19	26
20.VIII.-30.IX (41 день)																
95	5	10	14	29	1	7	11	24	6	11	16	27	3	7	11	25
90	7	12	16	31	3	9	14	28	8	13	17	31	5	9	13	27
80	9	15	18	33	5	11	16	30	11	15	18	32	7	10	16	28
70	11	16	19	34	9	13	17	31	12	17	21	33	9	13	17	29
60	12	17	22	34	10	14	18	32	14	19	23	34	10	15	19	30

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
50	14	19	24	35	11	16	20	33	16	21	24	35	12	17	21	31
40	16	20	26	35	13	18	22	34	17	24	26	35	13	19	22	31
30	18	22	28	36	15	20	24	35	19	26	27	36	16	21	23	32

Среднегодовой норматив потребности в механизаторских кадрах составляет 9,8 на 1000 га пашни, а при кооперативных формах он снижается в 1,9-раза и составляет 5,0 чел., в коллективах интенсивного труда - 4,0 чел. (2,45 раза), а арендной бригаде - 3,9 чел. (в 2,51 раза), в семейных коллективах - 2,4 чел. (в 4,08 раза).

В кооперативных коллективах в количественном отношении общая потребность в тракторах снижается в 1,2 раза по сравнению с нормативной, в КИТ - в 1,64 раза, в арендных бригадах - в 1,24 раза и при семейном подряде - в 2 раза.

Общая потребность в комбайнах при кооперативной форме снижается в 1,5 раза, в КИТ - в 1,4 раза, при бригадном подряде - в 1,3 раза, при семейном подряде - в 2 раза.

Потребность в плугах типа ПН-8-35 в кооперативных коллективах увеличивается на 5-6, ПЛН-6-35 - на 35-45%, типа ПН-5-35 - уменьшается на 25-35, ПН-3-35 - на 20-30%. В КИТ потребность в плугах ПН-8-35 повышается в 1,9 раза, ПЛН-6-35 - в 31,6, но по другим маркам снижается на 20-25%. При бригадном подряде потребность в плугах для тракторов класса тяги 4 и 6 возрастает на 25-30%, по другим снижается на такую же величину. При семейном подряде потребность в плугах ПН-8-35 возрастает в 2,0, в плугах ПН-5-35 - в 3,5 раза, в культиваторах типа КПШ-5, КПШ-9 и КПЗ-3,8 возрастает в кооперативных коллективах на 20-40%, в КИТ - на 40-50, арендных бригадах - на 20-30, семейном подряде - на 50-60%; в разбрасывателях типа РУИ-8 снижается в кооперативах в 3,0-3,5 раза, в КИТ - в 1,6-1,8, в арендных бригадах - в 1,1-1,2, семейном подряде - в 1,4-1,5 раза. Потребность в машинах для внесения жидких и твердых органических удобрений возрастает в 2-3 раза при всех новых формах организации труда; в машинах для заготовки кормов снижается в 1,16-1,7 раза.

Для обоснования потребности в механизаторах и технической оснащенности можно воспользоваться рекомендациями, разработанными в СибНИИД.

В результате обоснования типоразмерного ряда крестьянских хозяйств для условий Сибири установлено:

для хозяйств, специализирующихся на производстве мяса КРС на покупных кормах, наиболее предпочтительным является поголовье животных 200-300-400-600 с обслуживающим персоналом в

2-3-4 человека соответственно, при этом чистая прибыль хозяйства будет составлять 22-25 тыс.руб.;

для хозяйств использующих собственные корма этот ряд будет другим: число животных - 100-150-200-250-300 с обслуживающим персоналом в 2-3-4-5 человек соответственно. При этом доход хозяйств составит 10-16-22-27 и 30 тыс.руб. соответственно. Этим хозяйствам необходимо иметь пашню в размерах 240-360-480-600 и 700 гектаров соответственно;

для хозяйств, специализирующихся на производстве свинины, наиболее рационально в любом случае поголовье свиноматок 25 и 50 обслуживающим персоналом в 2-3 человека и площадью пашни 130-285 га. Чистая прибыль при этом может составить от 6 до 15 тыс.руб.

Крестьянские хозяйства всех рассматриваемых размеров от 10 до 50 коров оказываются нерентабельными или низкорентабельными. Но наиболее предпочтительными из них можно считать хозяйства на покупных кормах с поголовьем коров 40-50 голов, на кормах собственного производства - 30-40-50 коров (под этим поголовьем понимается и весь соответствующий ему шлейф). В первом случае в хозяйстве должно быть 5-6 работников, во втором - такое же количество, но при условии привлечения 4-6 механизаторов с техникой на период пиковых нагрузок летом. Хозяйства имеют 200-294-368 га пашни и получают прибыль 5-10-12 тыс.руб. Для получения более высоких показателей необходимо изменить политику цен на технику и сельскохозяйственную продукцию.

Крестьянские хозяйства, специализирующиеся на производстве кормов для ферм различной специальности и продаже корма по сложившимся ценам, имеют положительную прибыль при количественном составе работающих членов семьи 3 и выше для свиноводческих ферм; 4 и выше - для ферм по откорму молодняка КРС и убыточны для ферм по производству молока и мяса. Следовательно, необходимо пересматривать цены на продажу различных кормов, которые должны производиться специально для крестьянских хозяйств.

Крестьянские хозяйства по заготовке кормов для ферм по откорму молодняка КРС должны иметь в собственности пашню и сельскохозяйственные угодья в размере 96-120 га при одном работающем, 180-230 га - при двух работающих, 290-340 га - при трех работающих, 480-500 га - при четырех работающих и 650-720 га - при

пяти работающих членах семьи. Максимальное количество корма, заготовленного семьей из 5 работающих, достаточно для откорма 270-300 голов молодняка КРС в течение года. Крестьянские хозяйства, специализирующиеся на заготовке кормов для ферм по производству молока и мяса КРС, должны иметь во владении пашни, сельскохозяйственных угодий в размере 95-110 га при одном работающем члене семьи, 165-230 га - при двух, 260-350 га - при трех работающих, 370-460 га - при четырех и 460-560 га - при пяти работающих членах семьи. Семья из пяти работающих членов семьи способна заготовить корма для ферм из 60 голов дойных коров и сопутствующего плеяфа молодняка (примерно 180 голов). И, наконец, крестьянские хозяйства, производящие корма для свиноферм, должны иметь в своем хозяйстве 75-80 га пашни и сельскохозяйственных угодий при одном работающем члене семьи, 175-200 га - при двух работающих, 250 - при трех, 325 - при четырех и 400 - при пяти работающих членах семьи.

Таким образом, лимитирующими ограничениями размеров крестьянских хозяйств являются потребность в рабочей силе в пиковые периоды, стоимость сельскохозяйственной техники и наличие выпуска необходимых агрегируемых с определенными классами и марками тракторов сельскохозяйственных машин и орудий. Наиболее приемлемыми классами тракторов являются I, 4 и 3, а марками - МТЗ-80/82 и ДТ-75М. Отсутствуют зерноуборочные комбайны малой мощности. И поэтому при нагрузке на комбайн уборочной площади 300-350 га применение их в крестьянских хозяйствах становится рентабельным, в остальных условиях их необходимо арендовать. Отсутствуют полные наборы машин к тракторам Т-30 и Т-40 для заготовки различных видов кормов. Необходимо рассмотреть вопросы о разработке и постановке на производство машин для кормопроизводства, агрегируемых с этими классами тракторов.

Как показывают результаты исследований, производство овощей в закрытом грунте при использовании ручного труда становится прибыльным при площади теплиц томатов более 400, огурцов - более 300 кв.м. При использовании в теплицах трактора Т-30 с набором машин минимальная площадь, обеспечивающая прибыль, для огурцов - 450 кв.м., для томатов - 530 кв.м.

Для получения прибыли при производстве овощей в открытом грунте, без привлечения дополнительных рабочих, необходимо сочетание культур, обеспечивающих совпадение технологических операций по уходу и уборке. Однако для получения максимальной прибыли необходимо

привлечение одного дополнительного работника на период уборки.

При производстве овощей в открытом грунте с помощью комплексов машин наиболее прибыльной культурой является лук репчатый из-за сравнительно небольшой трудоемкости возделывания. Однако погодные условия Западной Сибири не всегда благоприятны для этого вида овощей. Небольшую (3500 руб) прибыль обеспечивают томаты. Из-за большой трудоемкости и низких товарных качеств при выращивании в условиях Западной Сибири эта культура более рентабельна на небольших участках (до 0,6 га). Огурцы, морковь, капуста, картофель обеспечивают достаточно высокую (12000-25000) прибыль и быстрый (3-7 лет) окупаемость вложений в производство продукции.

При расширении числа фермерских хозяйств может возрасти потребность в тракторах класса МТЗ, Т-40, Т-30 и перейти к более мощным тракторам. Поэтому следовало бы запланировать увеличение выпуска универсально-пропашных тракторов типа МТЗ-80/82. Вместе с тем, необходимо учитывать, что при этом увеличится срок службы тракторов, комбайнов и сельскохозяйственных машин.

Кроме того, эффективность ведения сельского хозяйства в крестьянских фермах, как правило, в 1,5-2 раза выше, чем в колхозах и совхозах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклн Б.Д., Малакуд И.Н. Экономико-математическая модель технического обеспечения подрядных коллективов: Сб. науч. тр. /ВНИИ.- М.:ВНИИ, 1989. - Т.123.- 97с.
2. Методические рекомендации по топливно-энергетической оценке сельскохозяйственной техники, технологических процессов и технологий в растениеводстве /ВАСХНИЛ, ВНИИ. - М., 1989. - 60с.
3. Севернев И.М. Интенсификация сельскохозяйственного производства и топливно-энергетические ресурсы //Вестник с.-х. науки. - 1986. - №7. - С.116-122.
4. Севернев И.М. Токмрев В.А. Методика энергетической оценки технологических комплексов машин //Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1986. - №9. - С.3-5.
5. Родичев В.А. Основные направления экономики топливно-энергетических ресурсов в растениеводстве //Механизация и электри-

Профессор
В.В.Лазовский
(СибИМЭ)

РАЦИОНАЛЬНОЕ РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРВИЧНЫХ ЗВЕНЬЕВ АПК И ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЛЬХОЗ- МАШИНОСТРОЕНИЯ

Колхозно-совхозная система производства, существующая в стране, не обеспечена средствами комплексной механизации в полном объеме и полноте. С зарождением новых форм собственности и способов ведения производства кооперативами и крестьянскими хозяйствами на фоне общей картины недооснащенности уже возникли новые проблемы, а именно:

- с неизбежным дроблением земельных угодий общая потребность в технике для обработки тех же площадей и содержания того же поголовья должна возрасти на 12-25%;

- не вся техника, применявшаяся теперь и планируемая к постановке на производство, годна к использованию в крестьянских хозяйствах.

На фоне этих проблем, а также монополии производителей техники и создаваемого рынка вполне реален финал, когда после двух-трех лет массового образования крестьянских хозяйств, начнется такое же массовое банкротство их, так как крестьяне не в состоянии будут в течение длительного периода вести хозяйство на энтузиазме без нарастающего потока средств зачаты физического труда.

Основываясь на этих общих соображениях, в СибИМЭ под руководством автора предпринята попытка разобраться в данных вопросах и найти ответы на них.

Во-первых, исходя из тезиса, что все формы собственности имеют одинаковое право на существование, были проанализированы технологические процессы производства основных видов продукции с попыткой выяснить, приемлемы ли эти технологии с наборами машин для новых форм собственности и насколько.

Во-вторых, эти же технологии проанализированы с точки

зрения их перспективности.

В-третьих, сделан обзор современного состояния сельскохозяйственного машиностроения по России на фоне мировой практики.

В-четвертых, на примере ряда базовых машин рассмотрена возможность их расчленения на узлы и агрегаты с целью обоснования возможности изготовления сельхозинвентаря и ряда машин не только на предприятиях сельхозмашиностроения, но также на предприятиях, привлекаемых данной проблемой в результате конверсии на заводах и мастерских системы АПК.

В-пятых, произведен удельный расчет потребности в технике для трех форм хозяйствования.

И, наконец, в-шестых, на примере типичного сельскохозяйственного района показана система построения службы сервиса его обеспечения с обоснованием объемов товаропотоков.

Ниже в разрезе поставленных вопросов приводятся обобщенные результаты.

1. Анализ современных технологий показал, что для рассматриваемых трех форм собственности (колхозно-совхозная, кооперативная, фермерская) на отрезке бурного зарождения двух последних, технологии приемлемы на 95-97% с теми наборами машин, которые выпускаются. Касаясь перспективы развития технологий, имея в виду рубеж, достигнутый рядом арендных коллективов по годовому доходу на одного работающего в полеводстве в размере 120-150 тыс.руб. и 140-160 тыс.руб. в животноводстве, современный набор машин удовлетворяет этому требованию на 65-70% и необходима существенная его модернизация.

2. Анализ технологий выявил и другой аспект проблемы - необходимость комплексной организации хозяйства на территориях с тем, чтобы создавать замкнутую структуру производства (от обустройства хозяйства, первичного селекционного процесса до хранения и переработки). На этот аспект в начавшейся приватизации пока не обращается внимание и стихийность в выборе направления хозяйствования опять может привести к повторению типичных ошибок. Это особенно четко видно на примере овощеводства и картофелеводства.

3. Современное сельхозмашиностроение в России распределено крайне неравномерно. Если в среднем в России на 1 га посевной площади выпускается на 26 руб. техники (цены 1989 года), а в

СНГ на 19,2 руб., то диапазон такой: в Северо-Кавказском регионе - на 121,6 руб., в Западно-Сибирском - на 26,7 руб., в Волго-Вятском, Восточно-Сибирском и Уральском - 0. При этом структура заводов-изготовителей полностью противоположна аналогичной, например, в США, что видно из приводимой таблицы I (данные ВИСХОМ).

Таблица I

Концентрация производства по числу занятых в России и США

Группа предприятий	Число предприятий		Число занятых, тыс. чел.		Удельный вес в данной группе, %			
	Россия	США	Россия	США	предприятия	число занятых	Россия	США
I-100	-	1753	-	29,9	-	92,1	-	31,0
101-500	-	119	-	20,8	-	6,2	-	21,7
501-1000	I	17	0,55	11,9	5,3	0,9	0,4	11,3
Более 1000	18	14	146,0	34,6	94,7	0,8	99,6	36,0
Итого	19	1903	146,6	96,0	100	100	100	100

Даже тот факт, что в России производится на 1 га посевных площадей больше машин, не является утешительным. Республика не может обеспечить ни один технологический процесс производства продукции наделими заводов, находящихся на ее территории.

4. В работе обосновывается новая форма организации процесса проектирования, производства, эксплуатации парии машин через так называемые зональные ассоциации научно-производственных центров, куда должны войти организации двух ведомств МСХП России и Минавтосельхозмаша. При этом предполагается разработать и реализовать новую ориентацию заводов-изготовителей, основанную на специализации не по полнокомплектным машинам, а по выпуску элементной базы их, а сборочные процессы приблизить к производителям сельхозпродукции, привлекая для этого сать предприятий районного уровня.

Подтверждением реальности подобного предложения служит анализ конструкций основных машин с точки зрения их производства на четырех уровнях (таблица 2).

Таблица 2
Классификация по уровням производства составных частей сельхозмашин

№ п/п	Наименование групп составных частей сельхозмашин	Рекомендуемый уровень производства и сборки			
		заводы-специализированные	заводы-массовые	мастерские	хозяйства
I.	Машины для обработки почвы, посева	+	+	+	+
2.	Машины для ухода за посевами	-	+	+	-
3.	Доильное оборудование	+	+	+	-
4.	Двигатели внутреннего сгорания, электродвигатели, гидродвигатели	-	+	-	-
5.	Устройство для перемещения продукции	-	+	+	-
6.	Емкости для хранения	-	+	+	+
7.	Гидроаппаратура	+	+	-	-
8.	Редукторы	-	+	+	-
9.	Вентиляционные системы	-	+	+	+
10.	Электронные устройства	-	+	+	-
11.	Метизы	-	+	+	+

Подключение к процессу изготовления ряда узлов (особенно по сборке большого набора машин) предприятий районного уровня позволит демополизировать этот процесс и приблизить структуру сельхозмашиностроения в России к мировой тенденции. Путь таких преобразований не требует кардинальной ломки и привлечения средств на строительство новых заводов. Этот процесс основан на постоянной реконструкции действующего производства.

Для выявления мнений специалистов сельскохозяйственного производства в отношении выдвинутой концепции было осуществлено анкетирование по ряду регионов России. 98% специалистов подтвердили целесообразность такой структуры, но в отличие от авторов работы, большинство из них считает возможным производить сборку даже сложных машин на уровне мастерских районов и хозяйств.

5. Сопоставление предлагаемых решений с практикой хозяйственной деятельности в рамках области (края, республики) и типичного сельскохозяйственного района показало, что при условии перераспределения производителей сельхозпродукции (колхозно-совхозной - 80%, кооперативно-крестьянской - 20%) возникает необходимость создания новых структур. В частности, на уровне районов потребуются создание посреднических предприятий по техническому сервису, базирующихся на прямых связях. В работе обосновывается типовая структура, основанная на рассчитанных товаропотоках области (Новосибирская) и района (Коченевский, НСО). Обосновано также создание областной структуры управления товаропотоками с предложением по постепенной ликвидации материальных баз снабжения на данном участке.

Анализ всех объектов ремонтной базы типичного района показал, что помимо уже имеющихся резервов площадей и кадров специалистов, которые можно использовать для целей, выдвинутых в концепции, при условии дооснащения их современным оборудованием, вполне реален путь вовлечения этой сети в процессы производства и сборки сельскохозяйственной техники.

Расчеты состава прокатных пунктов показывают их эффективность на уровне 12-16 рублей на га машин в год за счет сокращения эксплуатационного парка и особенно сложных машин в собственности кооперативов и крестьянских хозяйств.

При определении потребности в технике для всех форм собственности в рамках области, опираясь на анализ конструктивных особенностей машин основных технологических блоков, был определен возможный уровень их производства и сборки (табл.3).

Таблица 3

Предлагаемые уровни производства и сборки базовых технологических машин

Объект	Количество прокатных машин, шт/процент	Предлагаемый уровень производства и сборки, шт/процент		
		I-II	I-II-III	I-II-III-IV
Коченевский район	129/100	20/15	67/52	42/33

Продолжение таблицы 3

	1	2	3	4	5
Новосибирская область		142/100	21/15	68/49	53/37

Как и следовало ожидать, на уровне района и области почти идентичное перераспределение объемов производства и сборки машин, поскольку район, как подчеркивалось, является типичным для области. Но эта картина может быть совсем иной для других регионов и требует конкретных расчетов при обосновании структуры производства и сборки машин на III и IV уровнях.

В целом перераспределение объемов производства и сборки сельскохозяйственных машин, полученное в результате анализа основных технологических процессов и комплекса машин по их реализации, выглядит следующим образом (таблица 4).

Таблица 4
Распределение объемов работ (%) между предприятиями

Основные технологические комплексы	Заводы-изготовители полнокомплектных машин	Заводы-изготовители сложных сборочных единиц	Сборочно-ремонтные предприятия и мастерские районного уровня	Сборочно-ремонтные мастерские хозяйства
Почвообработка	20	25	40	15
Заготовка кормов	25	25	30	20
Производство овощей и картофеля	30	40	20	10
Производство мяса и молока	30	30	25	15

Анализ современных технологий и комплексов машин, расчет потребности в технике для всех форм собственности, прогнозные характеристики машиностроительного комплекса, анализ и предложения по структурному расчленению машин на базовые узлы и агрегаты, а также попытка наложить эти предложения на конкретную область и район позволяют сделать следующие выводы.

Действующая система машин, реализуемая монополиями прома-

водителями (в России не сбалансированная под виды производства сельскохозяйственной продукции), не отвечает национальной тенденции создания многоукладной собственности на земле.

Создание в рамках России системы производства и сборки машин на основе вовлечения в этот процесс крупных конверсионных производств и громадной сети предприятий АПК на уровне районов и хозяйств реально и перспективно. Оно ликвидирует монополию производителей сельхозмашин, переориентирует функции и задачи машиностроителей, подчинив их нуждам крестьян.

Такой подход привлекателен тем, что не потребует громадных капиталовложений в создании новых заводов, реконструкция же существующих может быть осуществлена поэтапно.

Реализация предложенной концепции потребует объединения научных сил республики под эгидой МСХП России с целью материализации предложенного методического подхода в течение 2-3 лет.

Доктор технических наук
А.М.Эйдис
(ИПО ВИСХОМ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МАШИН ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

При переходе на интенсивный путь развития сельскохозяйственного производства резко возросла роль системы машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства — программы действий отраслей агропромышленного комплекса и машиностроения, а также руководителей при выработке стратегии развития промышленных предприятий и формирования машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий. В связи с этим требуется разработка качественно новых методов формирования системы машин, устранения ее несбалансированности по ресурсам как потребителя, так и производителя техники, низкую информативность, избыточность, устанавливавшихся четкую терминологию, временные параметры, процедуру принятия решения. Это должно способствовать реализации комплексной механизации сельскохозяйственного производства практически в любых зональных условиях возделывания сельскохозяйственных культур и обеспечению оптимальной инвестиционной политики в

сельхозмашиностроении.

Поэтому работы, посвященные разработке методических основ создания программного, информационного и организационного обеспечений формирования системы машин в сельскохозяйственном производстве, являются актуальными.

Говоря о факторах интенсификации, следует отметить, что имеются две основные группы: организационные (управленческие) и научно-технический прогресс (НТП). Результатом деятельности системы управления, и в том числе подсистемы АСУ техническим прогрессом сельскохозяйственного производства, на любой итерации является выработка управляющего решения в соответствии с внешними условиями и возможностями объекта управления. В какой степени выработанное управляющее решение будет отвечать требованиям эффективности, качества и своевременности, в той же степени будет достигнута эффективность и качество всего цикла создания, освоения и серийного производства сельскохозяйственной техники. Однако определяющим фактором интенсификации является НТП, одной из основных особенностей которого является ориентация на системы машин.

Разработанные ранее и действующая в настоящее время системы машин для комплексной механизации с.-х. производства сыграли значительную положительную роль в деле достижения существующего уровня механизации сельскохозяйственного производства. Полностью механизированные основные полевые работы, близка к завершению механизации посадки картофеля, междурядной обработки пропашных культур, очистки зерна, погрузочных работ. Предстоит довести уровень механизации уборки: картофеля комбайнами — до 85, томатов — до 40, моркови, столовых корнеплодов и лука — до 80, чан и клепа — до 80% и т.д.

В ближайшие годы должны быть внедрены в практику сельскохозяйственного производства интенсивные методы возделывания всех основных сельскохозяйственных культур. Дальнейшее развитие получает принцип одновременной разработки, освоения, серийного производства и поставки всей номенклатуры техники, обеспечивающей комплексную механизацию возделывания основных сельскохозяйственных культур.

Система машин относится к сложным системам, которые включают в себя решение всего комплекса технических, экономических, организационных, правовых вопросов во всей взаимосвязи. Естественно-

но, что решение таких вопросов традиционными методами без широкого использования достижений в области системного анализа, теории принятия решения и теории игр, экономики и управления, кибернетики и вычислительной техники в настоящее время не представляется возможным. Сегодня формирование системы машин все более связывается с созданием экспертных автоматизированных систем, позволяющих в реальном масштабе времени осуществить выбор оптимального решения с анализом последствий его реализации.

В общем виде для реализации такой системы необходимо располагать отработанным методическим, математическим, информационным, организационным и техническим обеспечением. Следует отметить, что при отработке практически любого обеспечения требуется решать вопросы как функционирования автоматизированной системы, так и методические вопросы управления НПП.

В новых условиях межотраслевых и хозяйственных отношений действующая система машин не в полной мере отвечает возросшим требованиям НПП. Сложились не только методы и организационные формы этой важнейшей работы, но и определенные традиции и стереотипы методологических подходов, что способствовало утверждению экстенсивных методов формирования системы машин. Формирование системы машин традиционными методами привело к ее избыточности, наличию в ней позиций, аналогичных по своему функциональному назначению и технико-экономическим показателям и отличающихся только авторством поступившего предложения. Проведенный анализ показал, что для механизации большого ряда операций вполне достаточно 30–50% номенклатуры системы машин на 1981–1990 гг.

Уже сегодня хозяйства располагают достаточно большим набором разнообразной техники, а обеспечить оптимальные требования агротехники в конкретных условиях хозяйства, коллективов интенсивного труда, бригадного или семейного подряда не могут. Это в значительной степени связано с тем, что недостаточно уделяется внимания научному обоснованию индустриальных и интенсивных технологий возделывания, уборки и послеуборочной обработки сельскохозяйственных культур, не разработаны научно обоснованные методы принятия решения при включении позиций в систему машин. Сложилась порочная практика, когда не требования технологии ложатся в основу создания комплекса технических средств, а

созданная высокоэффективная техника определяет технологии производства продуктов сельскохозяйственного производства.

Существует еще одно обстоятельство, ведущее к экстенсивным методам развития механизации сельскохозяйственного производства. Традиционно вне связи с технологией сельхозпроизводства создаются энергосредства, а потом ускоренными темпами идет разработка набора сельхозмашин для него. Условия оптимальной загрузки трактора требуют разработки сельхозмашин, агрегируемых только с этим трактором, а отсюда возрастает номенклатура системы машин. Все это объясняется фактическим отсутствием комплексного системного подхода к формированию системы машин; отсутствием системы технологий, включающих в себя не набор техники, а требования к выполнению операций в различных условиях страны, их диапазон и величины ущерба при отклонении параметра от оптимума; концепцией заказчика на разработку локальных исходных требований на механизацию конкретной операции вне связи с требованиями на полный набор машин для механизации всего технологического процесса, включая и энергетическое средство. Разработка же отдельных базовых видов техники для механизации одной сельскохозяйственной операции, пусть даже самого высокого технического уровня, не может обеспечить существенного влияния на эффективность всего технологического процесса до тех пор, пока не будет достигнут необходимый уровень сбалансированности всего комплекса машин.

Традиционные методы формирования и реализации системы машин привели к резкому падению ее статуса. Задания по разработке и выпуску техники, предусмотренной Системой машин, дублируются документами более высокой иерархической ступени (программы ГКНТ, постановления директивных органов). В заявках на поставку новой с.-х. техники и планах производства машиностроения отсутствует привязка позиций к системе машин. Планирующие органы не используют в должной степени систему машин как основополагающий документ.

При формировании системы машин не используются нормативные базы по использованию техники, срокам и стоимости ее разработки и освоения, наличию ресурсов и т.д., что приводит к фактической ее нереализуемости, и, как следствие, падению престижа.

Как в методическом, так и в организационном и правовом аспектах не решены вопросы формирования плана реализации системы машин. В основу их не положены экономические принципы и ориентация на конечный результат — максимальное получение продуктов сельского хозяйства при минимальной их себестоимости.

Исходя из анализа существующего положения дел в области формирования и реализации системы машин нами сформулированы основные концепции по этим вопросам.

— система машин должна иметь статус Государственной программы, в рамках которой должны решаться все вопросы разработки и освоения новой техники на базе системы технологий, создаваемой научно-исследовательскими институтами сельского хозяйства. Создание техники в рамках других государственных программ допускается только в тех случаях, если аналогичная техника не предусмотрена системой машин;

— система машин должна формироваться машиностроительными силами широкой сети технических центров под методическим руководством головных институтов по специализации. Технические центры должны решать весь комплекс вопросов по изучению конъюнктуры и спроса сельскохозяйственной техники; по созданию совместно с технологическими институтами сельского хозяйства машинных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в условиях региона; по пропаганде новой техники и технологии; по изготовлению новых узкозональных машин: малыми сериями и новых зональных рабочих органов на кооперационной основе с заводами-изготовителями, элементов конструкции; по сервисному обслуживанию, прокату техники и т.д. Создание таких хозяйственных центров может быть осуществлено на базе зональных институтов и институтов механизации и электрификации сельского хозяйства, машиноиспытательных станций, ремонтных заводов и мастерских с.-х. производства, заводов и конструкторских организаций Минавтосельхозмаши;

— система машин должна строиться на базе широкого типажа машин, сформированного на прогрессивном блочно-модульном принципе конструирования, широкого использования САПР, обеспечивающих развитие ее не вширь, а вглубь, т.е. при минимуме базовых моделей максимальное удовлетворение потребителя за счет их модификации и комплектации;

— система машин должна строиться по комплексам машин для

возделывания конкретной культуры и при этом предусматривается принцип равнопрочности всего комплекса машин, а также переход на разработку, освоения и поставку техники полным комплексом машин в требуемом исполнении;

— формирование системы машин, гибкое ее реагирование на изменяющиеся условия, обеспечение сбалансированности по ресурсам и достижение фактической комплексной механизации сельскохозяйственного производства, планирование работ по созданию и освоению новой техники на всех уровнях должно проводиться с помощью экспертных автоматизированных систем;

Исходя из общих принципов системной методологии, предложено следующее определение понятию "система машин": система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства — сложная система, характеризующаяся объективным единством машин, предназначенных для выполнения всего технологического процесса возделывания, уборки и послеуборочной обработки сельскохозяйственных культур и обеспечивающих получение максимума народнохозяйственного эффекта при имеющихся ограничениях по ресурсам их создания и срокам проведения агротехнических работ.

При формировании системы машин необходимо принять такую методологию, при помощи которой может быть разработана структура и модели, позволяющие согласованно подойти к оценке полноты анализа вынесенных решений. При этом выработка согласия достигается не путем компромисса, а благодаря структурной упорядоченности процесса анализа. Такая методология разработана на базе системного анализа. Основная идея системного анализа — создание и выработка структуры процесса принятия решения посредством тщательного изучения всех существующих факторов, воздействующих на ситуацию.

Для правильного выбора и обоснования структуры системы машин произведен поиск набора альтернативных вариантов (НАВ). Процедура составления НАВ базируется на теоретико-множественной концепции общей теории систем М.Месаровича, позволяющей широко использовать формальный (математический) аппарат для ее описания. Составление НАВ при формировании комплексов машин и техническом их проектировании проводилось путем наложения множества исходных требований сельскохозяйственных операций X на множество характеристик технических решений и анализа возможностей каждого варианта.

Исследование исходных требований сельскохозяйственных

операций во всем многообразии почвенно-климатических условий потребовало проведения формализации представлений этих требований для их последующей группировки в классы. При этом множества значений каждой характеристики объединяются в класс эквивалентности X по наличию любого общего значения X характеристики, лежащего в диапазоне допустимых отклонений.

Формальная постановка задачи сводится к тому, чтобы из общего множества требований X той или иной сельскохозяйственной операции во всех условиях выделить X_i^* .

Располагая множеством классов требований операции были формализованы задачи формирования НАВ, исходной информацией для которых является набор исходных требований сельскохозяйственной операции Z , из общего множества требований $\sum X$ механизированного технологического процесса: $Z_s = \{x_{1a}, \dots, x_{kb}, \dots, x_{nc}\} \in \bar{X} \in X$;

$$X = \{\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_k, \dots, \bar{x}_n\}; \\ X_k = \cup x_{kb},$$

где x_{kb} — b -я градация k -го класса требований, а $Z_s \in \bar{X}$ означает, что на данном этапе из вектора требований $\bar{X}$ отбираются лишь те координаты, которые определяют выбор типа сравниваемых позиций системы машин.

Аналогично каждый альтернативный вариант технической реализации предлагаемой машины A_s был представлен подмножеством характеристик варианта технической реализации Y .

Формирование НАВ технических реализаций состоит в выделении подмножества A_s , удовлетворяющего заданному требованию Z_s на базе использования специализированного дескрипторного языка — одного из методов решения данной задачи.

На этапе принятия решения о включении в систему машин позиции необходимо располагать техническими, экономическими, эксплуатационными и качественными характеристиками, позволяющими оценить варианты путем полного, случайного и целенаправленного перебора полученного НАВ в соответствии с системой выработанных критериев.

Оценка альтернативных вариантов систем машин и отдельных машин, их ранжирование по предпочтительности осуществляется путем перебора всех возможных технических решений по каждой позиции и структуре в целях получения максимального народнохозяйственного эффекта, как интегрального показателя любой технической системы

(функция максимизации полезности и минимизации ущерба). Именно эффективность определяет уровень и совершенство технической системы и культуру ее эксплуатации. Условие выбора варианта системы машин для заданной технологии определяется из выражения:

$$j = \frac{\sum \Pi_i \beta_{ni} K_i - \sum \gamma_i \beta_{ni} K_i}{\sum \beta_i}, \quad (I)$$

где Π_i, γ_i — соответственно полезность и ущерб i -й позиции альтернативного варианта системы машин; β_n, β_y — вероятность достижения пользы и ущерба каждой позиции альтернативного варианта, при этом $\beta_n = 1 - \beta_y$; β_i — лимит по затратам i -й позиции; K_i — коэффициент относительной важности каждой позиции (определяется путем экспертной оценки).

Разработанная в ВИСХОМе совокупность процедур выработки НАВ, оценки и принятия решения при формировании систем машин позволяет существенно повысить реализуемость системы и обеспечить реальный максимально возможный народнохозяйственный эффект, повысить эффективность функционирования предприятий машиностроения и агропромышленного комплекса.

Прогресс в отрасли сельскохозяйственного машиностроения все больше связывается с методами эффективной реализации технических решений. Эти методы заключаются в следующем:

- сращивание всех стадий создания и модернизации технических средств в единый научно-производственный цикл, охватывающий этапы разработки исходных требований, поисковых и прикладных исследований, проектирования, подготовки производства и серийного изготовления, снятия изделия с производства;

- сокращение сроков проектирования и подготовки серийного производства изделий ввиду того, что быстрый темп научно-технического прогресса приводит к быстрому моральному старению новой техники.

Такое положение диктует необходимость технически грамотно управлять всем научно-производственным циклом, для чего необходимо располагать факторами, влияющими на качество и сроки каждого этапа этого цикла. Разработанная в ВИСХОМе динамическая модель факторов рассматривается как методическая основа совершенствования механизма управления НТП сельскохозяйственного производства. Эта модель позволяет систематизировать выявление факторов,

определять их взаимосвязи, закономерности, оказывающие влияние на длительность стадий научно-производственного цикла и внедрение в сельскохозяйственное производство,

На стадии формирования системы машин должны быть проработаны вопросы технической ее реализации с тем, чтобы с учетом потребности в сельскохозяйственной технике при реально существующих ограничениях (технических, финансовых, материальных, производственных) обеспечить получение максимально возможного народнохозяйственного эффекта и комплексную механизацию возделывания основных сельскохозяйственных культур.

Свести такую задачу с неопределенностями к точно поставленным математическим задачам, в принципе, невозможно. В то же время разработка математических моделей оценки возможности реализации той или иной машины, сбалансированного планирования разработки и производства техники приобретает все большую актуальность. Возникла необходимость формализовать процедуру оценки производственных возможностей конструкторских организаций и предприятий машиностроительной отрасли и соответствия объемов закупаемых разработок и поставок сельскохозяйственной техники.

Решение этого вопроса может быть достигнуто при условии создания нормативной базы. В соответствии с поставленной задачей были сформулированы концепции разработки укрупненных нормативов, обеспечивающих с достаточной степенью достоверности принятие решения о разработке и освоении конструкции машин с учетом финансовых ресурсов заказчика и сбалансированности планов разработки и освоения новой техники. Были решены задачи обоснования структуры процесса создания техники, определены основные этапы разработки и освоения, проведена классификация всей сельскохозяйственной техники на 24 категории сложности конструкции техники и 6 категорий новизны разработки. На основе статистического анализа конструкторской документации машин номенклатуры 9 ГХБ, наиболее полно отражающих специфику сельхозмашиностроения, позволяющих обеспечить достоверность полученных результатов, равную 0,9, выведены в зависимости трудоемкости создания конструкторской документации от конструктивной сложности и новизны разработок для различных видов работ (НИР, ОКР и т.д.) Для каждого этапа проведения НИОКР определены весовые значения по стоимости и времени в общем объеме (МУ 23.2.45-87).

В методике даны рекомендации по оптимальному варианту распределения средств по годам планируемой разработки.

Восемнадцатилетний опыт применения нормативов позволил сбалансировать производственные ресурсы конструкторских организаций, что способствовало сокращению сроков техники и повышению качества отработки конструкции. Это подтверждает тот факт, что среднегодовое количество завершенных работ с рекомендацией приемочной комиссии "в производство" с 1983 года возросло в 1,5 раза. Однако реализуемость системы машин по конечному продукту оказалась достаточно низкой и составила всего около 70%. Это потребовало разработки методики и нормативов оценки производственных возможностей предприятий отрасли для того, чтобы с их учетом оценивать реализуемость системы машин на стадии ее формирования с целью получения максимального народнохозяйственного эффекта. Отсутствие таких нормативов уже сегодня привело к тому, что конструкторскими организациями отрасли разработано более 200 наименований техники, которая не может быть освоена промышленностью.

Основной концепцией при разработке методики и укрупненных нормативов для оценки производственных возможностей предприятий явилось соответствие основных промышленно-производственных фондов (ОППФ) предприятия на момент завершения разработки новой машины для организации ее производства и серийного выпуска уже освоенной техники в заданном объеме.

Определение потребных ОППФ для освоения новой продукции проводится с помощью разработанных укрупненных нормативов удельной фондоемкости изделия с учетом конструктивно-технологической сложности, масштаба производства и коэффициента фондоотдачи предприятия (МУ 23.2.44-87).

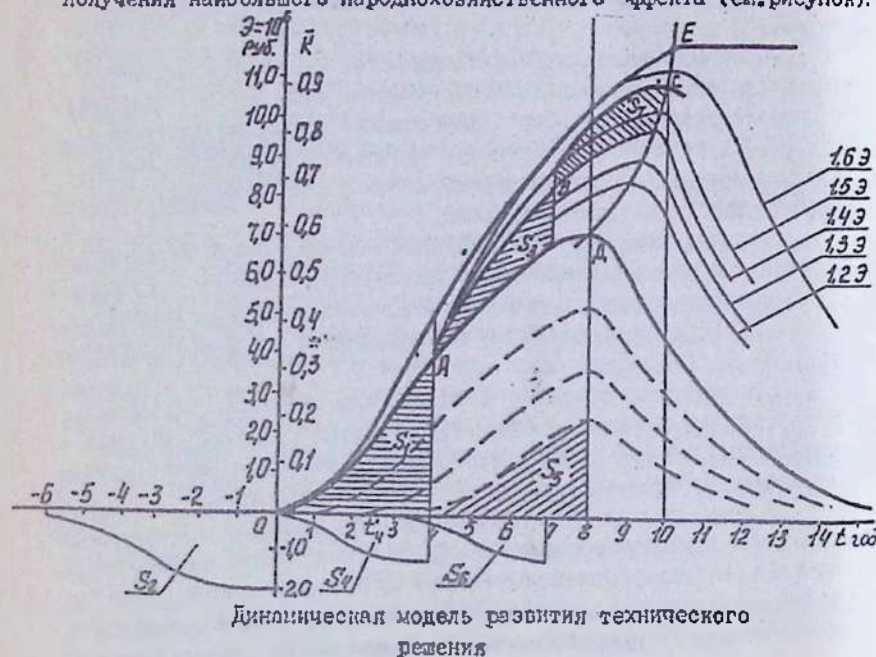
Применение разработанных нормативов позволило на проектной стадии обосновать структуру и состав комплекса машин, обеспечивающих высокий уровень реализации с учетом имеющихся ресурсов заказчика конструкторских организаций и предприятий.

В новых условиях интенсификации производства и перехода на экономические принципы управления народным хозяйством необходимо обоснование не только целесообразности той или иной машины, но и ее временных факторов, связанных с длительностью научно-производственного цикла. Ускорение научно-производственного цикла в настоя-

щее время выступает объективной закономерностью общественного развития, а фактор времени становится все более важным и весьма ограниченным ресурсом. Этим объясняется необходимость учета фактора времени при создании машин, что и сделано во всех изданиях Систем машин путем присвоения индексов состояния с производством (П – производственная, М – модернизация, З – заменяемая, Н – разрабатываемая, И – испытываемая, Р – разработанная).

В то же время вопросы экономического обоснования с учетом ресурсов предприятий, разрабатывающих и производящих технику, целесообразности создания техники с заданными технико-экономическими показателями, сроков ее освоения, установления временных параметров научно-производственного цикла остаются нерешенными.

В ВИСХОМе разработана методика, обеспечивающая возможность решать поставленные выше задачи на основе сопоставления затрат и эффективности изделия, нормативной базы при условии получения наибольшего народнохозяйственного эффекта (см. рисунок).



Динамическая модель развития технического решения

В основу методики положены две динамические модели потенциального и реального годового народнохозяйственного эффекта от эксплуатации парка машин:

$$\mathcal{E}_n = \sum_{t=1}^{T_{cl}} \frac{A_t \cdot \mathcal{E}_n}{(1+k)^t} \quad - \text{потенциального эффекта, (2)}$$

$$\mathcal{E}_\Sigma = \sum_{t=1}^{T_{oc}} \frac{\mathcal{E}_{n,t}}{(1+k)^t} \quad - \text{реального эффекта, учиты-} \\ \text{вающего физического и морального износа, (3)}$$

где T_{cl} , T_{oc} – соответственно срок службы и обновления техники, год; k – коэффициент инвестирования; t – время, год.

С учетом затрат на создание конструкции, технологическую подготовку производства и организацию серийного производства определяют суммарные затраты с учетом инвестирования капитала.

Исходя из того, что ущерб от недоиспользования потенциальных возможностей с каждым годом возрастает, возникает объективная необходимость увеличения народнохозяйственного эффекта и серийной техники за счет ее модернизации. Для этого необходимо спрогнозировать эффективность модернизированного изделия и граничный срок начала серийного его выпуска, подготовки производства, проведения ОКР. В методике обосновано, что выпуск модернизированного изделия может начинаться не ранее выполнения условия:

$$\mathcal{E}_{n,t_o} \geq \mathcal{E}_\Sigma + \sum \mathcal{V}_{t_n-t_o}, \quad (4)$$

где $\mathcal{E}_{n,t_o}$ – экономическая эффективность техники, выпущенной за рассматриваемый период, руб. (площадь S_1 на рисунке); $\mathcal{E}_\Sigma$ – суммарные затраты на разработку конструкции, технологическую подготовку производства и организацию серийного производства (площадь S_2 на рисунке) серийно производимой техники; $\mathcal{V}_{t_n-t_o}$ – суммарный ущерб из-за недоиспользования потенциальных возможностей конструкций за рассматриваемый период (площадь S_3 на рисунке); t_n, t_o – соответственно год предполагаемого начала серийного выпуска модернизированного изделия и год начала серийного производства поставляемой техники.

Эффективность модернизированного изделия должна обеспечить повышение темпа роста эффективности парка техники, а ее абсолютное значение должно превышать суммарные затраты на разработку модернизированного изделия, его технологическую подготовку и организацию серийного производства.

Исследованиями установлено, что для большинства видов техники эффективность модернизированного изделия должна превышать эффективность базовой модели в 1,3–1,6 раза. Повышение эффективности модернизации в 1,6 раза требует изменения конструктивной схемы, а следовательно, этот эффект может быть достигнут только путем создания новой модели.

Таким образом, на основе графоаналитического анализа (см. рисунок) для любой машины можно с достаточной степенью точности обосновать присвоение индексов состояния с производством. Индекс "П" присваивается позиции системы машин, если в научно-производственном цикле она находится в диапазоне О–Е и не проводится работы по ее модернизации.

Выполнение ограничения (4) однозначно определяет прогнозный срок начала выпуска модернизированного изделия (точка А, спроектированная на ось t). Располагая нормативными сроками проведения НИОКР, технологической подготовки и освоения модернизированного изделия производством, определяются сроки начала работ по модернизации изделия и присваивается индекс "М", сроки начала работ по следующим модернизациям изделия. Точки Д (при отсутствии работ по модернизации) и С (при проведении одной или двух модернизаций) определяют год присвоения позиции индекса "З", означающего, что в случае продолжения выпуска этой модели в последующие годы на предприятии будут накладывать экономические санкции за выпуск устаревшей продукции. Год начала новой разработки с присвоением индекса "Н" находится путем нанесения на оси абсцисс влево от точек О, Е и С нормативного суммарного времени, необходимого для разработки и технологической подготовки производства новой модели техники. Индексы "И" и "Р" устанавливаются по фактическому состоянию работ при представлении опытных образцов на приемочные испытания и при наличии акта приемки опытного образца, но в рассматриваемый период не освоенный производством. Исследованием обоснована с экономической точки зрения необходимость непрерывности научно-производственного цикла. Так, освоение изделия на третий год после завершения его разработки и технологической подготовки производства нецелесообразно ($S_3 < S_2$).

На основе статистического материала с учетом изменения денежного курса и других факторов, влияющих на изменение цены

и не относящихся к технике при переходе с модели на модель изделия было получено увеличение эффективности с достаточной степенью точности для целей формирования систем машин и прогнозирования целесообразности перехода на новый принцип, используемый в технических решениях для механизации процесса в следующих отношениях:

	Увеличение эффективности
переход с первой модели на вторую	в 1,6 раза
со второй на третью	в 1,4 раза
с третьей на четвертую	в 1,2 раза
с четвертой на пятую	в 1,1 раза

Исследование огибающей кривой позволяет прогнозировать целесообразность перевода изделия с модели на модель и на новый принцип в экономически обоснованное время. Методика позволяет более обоснованно подходить к вопросам планирования новых разработок и проведения поисковых работ, определять наиболее целесообразные сроки освоения новой техники, среднегодовой ее выпуск и ставить задачи перед конструктором о достижении необходимой эффективности новой техники. Кроме того, она позволяет оптимизировать народнохозяйственный эффект в зависимости от срока насыщения парка с.-х. техникой с учетом возможностей развития мощности предприятия. Разработана диалоговая процедура решения такого класса задач.

Несмотря на то, что в области механизации сельскохозяйственного производства накоплен значительный опыт работ по методам формирования системы машин, до настоящего времени не разработана четкая терминология. Это уже сыграло свою негативную роль при трактовке состава системы машин по базовым моделям, их модификациям и приспособлениям. В результате целые комплексы машин отнесены к разряду приспособлений с соответствующими выводами по срокам и стоимости проектных работ. Из-за неправильного трактования термина "комплекс" в системе машин выделены отдельные позиции целые заводы, а позиции по отдельным машинам при том подходе учитываются в системе машин два и более раз (отдельная машина, в составе комплекса, комплекта и агрегата).

СРПЦ, регулирующее отношения в сфере создания и внедрения новой техники, не располагает легальным определением понятий

"новой техники". До настоящего времени этот вопрос является дискуссионным и в правовой литературе. Между тем, он представляет не только теоретический интерес, так как отсутствие однозначного определения понятия "новая техника" приводит на практике к последствиям, имеющим серьезное правовое значение — отнесение к новой технике таких технических решений, которые в строгом понимании не являются таковыми.

Не менее важное значение имеет установление стандартизованных и правовых различий между понятиями "принципиально новая техника", "новая техника", "усовершенствованная (модернизированная) техника" и "повышение технического уровня серийной техники". Качественные различия в этих понятиях, вокруг которых развернута оживленная дискуссия, не позволяют однозначно решить вопрос о новизне разрабатываемого изделия. Сегодня необходимо найти формализованные различия этих понятий, ибо в противном случае становится проблематичным эффективное использование автоматизированного управления (АСУ). Именно отсутствие формализованных различий между выше перечисленными терминами приводит к серьезным просчетам при определении объемов финансирования по госзаказу и при оценке производственных возможностей предприятий на стадии заключения прямых хозяйственных договоров.

В связи с этим нами сделана попытка дать определение основных терминов, применяемых при управлении НТП. В основу определения терминов "принципиально новая", "новая", "модернизируемая" и "повышение технического уровня серийной техники" положен экономический эффект как интегральный показатель, характеризующий преимущества нового технического решения по сравнению с серийным изделием и определяющий реальную экономию, которую получит народное хозяйство от применения нового решения в сельском хозяйстве.

До настоящего времени отсутствует математическое описание зависимости цели сельскохозяйственного производства от единичных технических показателей техники и временных параметров, что является одной из основных причин необоснованного увеличения номенклатуры сельскохозяйственных машин.

Нами предпринята попытка вспомнить существующий недостаток. С этой целью был проведен анализ распределения номенклатуры системы машин по ее функциональному назначению. Этот анализ

показал, что для одного и того же функционального назначения системой машин предусмотрено в ряде случаев от 3 до 20 и более машин.

Естественно, что столь обширная номенклатура не способствует скорейшему оснащению сельского хозяйства новой техникой и приводит к значительным ущербам как в сфере производства техники, так и в сфере ее эксплуатации.

На базе данных проведенного анализа определена область дальнейших исследований, целью которых является обоснование правомочности включения позиции в систему машин.

Для каждой выбранной группы машин одного функционального назначения (на примере машин для посадки картофеля) проводился поиск исходной информации по системоопределяющим характеристикам Γ_1 — зона, Γ_2 — область применения, Γ_3 — рядность, Γ_4 — агрегатирование, Γ_5 — ширина захвата, Γ_6 — ширина междурядий, Γ_7 — рабочая скорость, Γ_8 — удельная производительность, Γ_9 — число обслуживающего персонала, Γ_{10} — перечень культур, Γ_{11} — коэффициент равномерности раскладки клубней, Γ_{12} — процент поврежденных клубней.

В основу методики анализа совокупности машин M_n , каждая из которых выполняет одну и ту же технологическую операцию, положен метод определения степени различия машин по системоопределяющим характеристикам Γ_i ($i = 1, 12$). В результате анализа определена степень различия машин, описываемых в соответствии с принятыми в системе машин характеристиками Γ . При разработке алгоритма использовались элементы метода сравнения альтернатив с применением порогов несравнимости и эвристических процедур типа "АЛЕКТРА". Сравнение машин проводится на основе бинарных отношений пар $(M_i; M_k)$, $i, k = 1, n$.

Предложения методологии получили развитие в области формализации принятия решения и разработки диалоговых процедур при формировании системы машин.

Критический анализ существующих форм и методов формирования и планов создания новой техники в отрасли показал, что раздробленность многочисленных потоков информации, несвоевременность ее поступления, отсутствие стыковки получаемой информации с процессом принятия решения не позволяют осуществить на должном уровне управления созданием новой (модернизируемой) техники, ее осво-

нием и серийным производством.

С учетом требований декомпозиции сложных систем нами осуществлено описание рассматриваемой подсистемы, для чего выделены основные уровни абстрагирования: организационный, функциональный, информационный. Область модели подсистемы формирования и реализации системы машин представлена в виде системы моделей: модели организационной структуры, системы управления, модели функционирования — и информационной модели системы управления. Организационная структура положена в основу разработки модели функционирования автоматизированной подсистемы "формирования и реализации системы машин", обеспечивающей подчинение целей функциональных управлений основной цели — обеспечению потребности сельскохозяйственного производства в сельскохозяйственных машинах.

Технологическая схема управления развитием науки и техники в области сельскохозяйственного машиностроения предусматривает опережающую разработку узлов и рабочих органов для новой сельскохозяйственной техники перед рассмотрением и принятием решения на стадии формирования системы машин проведение структурного проектирования новых изделий на основе прогноза развития данного вида техники, результатов поисковых и прикладных НИР.

Процесс структурного проектирования включает два основных этапа: разработку математической модели сельскохозяйственной операции и техническое проектирование. На первом этапе осуществляется синтез структуры передаточных функций элементов и узлов системы и разработка обобщающей модели. На втором этапе проектирования осуществляется реализация полученных математических моделей с полным представлением о технической реализуемости основных узлов и агрегатов.

Автоматизация процесса структурного проектирования сельскохозяйственной техники сдерживается отсутствием методического обеспечения. Это объясняется как отсутствием стратегического направления в вопросах автоматизации проектирования сельскохозяйственных машин, так и огромным объемом этих работ при существенном удорожании годовых всех конструкторских организаций отрасли.

В НПО ВИСХОМ проводились работы по структурному проектированию сельскохозяйственных машин на примере картофелеуборочной техники, по разработке словарей требований и технических реализаций по другим

видам техники, по автоматизации работ структурного проектирования. Сегодня разработано методическое и математическое обеспечение этого комплекса задач. Остается дело за достоверной, полной и объемной информацией по всем элементам конструкции сельскохозяйственных машин. Выполнен значительный объем работ по созданию методического обеспечения автоматизированной системы проектирования электроприводов сельскохозяйственных машин.

Методические разработки НПО ВИСХОМ по управлению техническим прогрессом легли в основу организационно-методических работ. Разработаны материалы по взаимодействию заказчика и разработчика. К таким материалам прежде всего относятся "Временные положения о порядке разработки и постановки на производство новых (модернизированных) сельскохозяйственных тракторов и машин, машин и оборудования для животноводства и кормопроизводства".

Методические разработки по испытанию систем машин (комплексов) позволили ориентировать и потребителей и изготовителей сельскохозяйственной техники на комплексную разработку исходных требований, конструкций и подготовку производства одновременно всего комплекса машин, что обеспечит получение максимальной эффективности и реальную комплексную механизацию сельского хозяйства.

Исходя из новых принципов формирования и реализации системы машин, предложен ряд структурных и организационных мероприятий по управлению НИИ в отрасли, по разработке статуса Системы машин в новых условиях хозяйствования, организации работ по ее формированию и реализации.

Предложены структурные схемы формирования государственных заказов и планов экономического и социального развития предприятий, управления процессом изучения спроса и предложений, организации зональных научно-производственных объединений — основы проектирования, производства и поставки зональной техники, переориентации заводов отрасли на выпуск элементной базы, способствующей внедрению прогрессивного блочно-модульного проектирования сельскохозяйственной техники и обеспечению предприятий сельского хозяйства с различной формой организации труда узкозональной техникой широких типоразмерных рядов.

Кандидат технических наук
И.М.Сергеева
(ВНИПУМЭСХ)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ПОДРЯДНЫХ ТРУДОВЫХ КОЛЛЕКТИВОВ В РАСТЕНИЕ- ВОДСТВЕ

Задача проектирования технического оснащения подрядных трудовых коллективов (ПТК) представляет собой два взаимосвязанных вектора: разработку перспективных технических систем и оптимизацию режимов их использования в условиях каждого конкретного ПТК. В этой связи необходимо рассмотреть обеспечение проектирования и использования технических систем адекватным инструментарием.

Разработка новых средств вызвана тем, что традиционные "естественные" оптимизационные подходы (типа задач математического программирования) требуют большого внешнего дополнения, учитывающего не вошедшие в формализованную часть модели разнообразные природно-климатические, экономические и хозяйственные условия. Поэтому мы предлагаем для формирования внешнего дополнения строго формализованные специальные процедуры - подсистему поддержки принятия решений (ППР). Это обеспечит однозначность формализации модели и устранил разночтение полученных результатов как в случае использования этих средств различными пользователями-исследователями, так и различными пользователями-производственниками (рис.1)

Формирование и развитие системы машин и программных средств, включаемых в "индустриализированную" технологию создания, внедрения и функционирования технических систем, является процессом адаптивным. Это определяет итеративность процедуры разработки ППР, в ходе которой пользователи и разработчики многократно взаимодействуют друг с другом. Хотя формирование ППР далеко не завершено, ниже приводятся результаты апробации отдельных ее фрагментов при решении производственных и некоторых исследовательских задач.

Хозяйственная апробация проводилась в 1969 году в растениеводческих трудовых коллективах (среди которых были подрядные

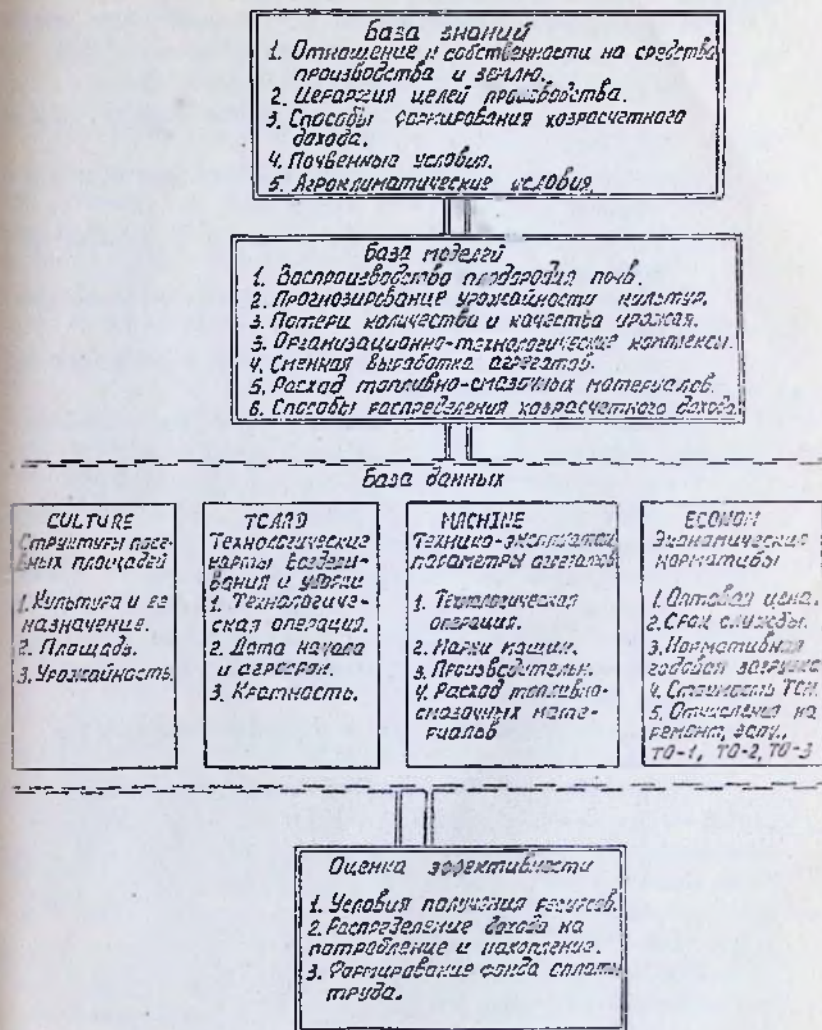


Рис. 1. Информационное обеспечение проектирования технического оснащения подрядных и арендных коллективов

бригады, арендные коллективы, кооперативы) в Целинском районе Ростовской области и в 1990 году в с-ве "Тацинский" Тацинского района /1/. Решались следующие задачи планирования:

оценку почвенно-климатических ресурсов, прогноз урожайности и расхода материальных ресурсов (семена, удобрения и пр.);
выбор и корректировка технологических карт всех возделываемых культур;
оптимизация ИТЭ, режимов его использования в ПТК, экономическая оценка затрат;
обоснование производственной программы и расчет валового дохода;
распределение хозрасчетного дохода и формирование единого фонда оплаты труда;

Разработанная система позволит поддерживать принятие следующих оперативных решений подрядным коллективом:

выбор технологии возделывания и уборки культур;
выбор парка машин (как вновь создаваемого, так и доукомплектовывание существующего);
расстановка машин и агрегатов по операциям;
расчеты графика выполнения механизированных работ;
оценка способов сглаживания типовых периодов нагрузки механизаторов и машин, включая кооперацию средств с другими ПТК;
экономическая оценка путей улучшения хозрасчетных показателей.

Использование подсистемы ППР создает предпосылки для принципиального изменения отношений ПТК со специалистами: освобождаясь от прежней рутинной работы, они получают возможность перейти к деятельности иного рода, требующей более высокой квалификации (возможно на хоздоговорной основе – при оплате в зависимости от получения дополнительного количества и качества продукции). В новых условиях агроном должен спроектировать уровень производственного урожая и мероприятия по его осуществлению: структуру севооборота, дозу удобрений, технологии возделывания и уборки и т.д.; инженер – предложить технические средства для их осуществления, разработать режимы их функционирования (агрегатирование, регулировки), определить их производительность;

экономист – прогнозировать цену и объемы реализации, уровень хозяйственных затрат, условия кооперации ресурсов с парак-
альными ПТК и предприятиями.

Адаптация системы к конкретному пользователю и этапы получения решения состоит в следующем.

1. В системе перед началом работы в разделе базы данных имеются типовые технологические карты возделывания и уборки культур региона. (Для упомянутого Целинского района таких карт 37). Виды операций и сроки их начала, приведенные в типовых картах, являются среднестатистическими. Для агротехнических условий конкретного ПТК (и даже поля) в конкретном году состав операций и их сроки могут меняться. После консультаций с агрономом первоначальные карты скорректировались.

2. Исправленные технологические карты в соответствии со структурой посевных площадей суммируются в сводные по операциям технологические карты. Здесь же совместно с инженером производится первоначальная расстановка машин и агрегатов таким образом, чтобы эксплуатационные затраты на операции были минимальными. Для справок имеется раздел базы данных со сведениями о нормах выработки и расхода горючего всех возможных машин и агрегатов, выполняющих каждую операцию.

3. Проводится расчет графика выполнения механизированных работ, исходя из критерия максимизации прибыли. Блок-схема расчета приведена на рис. 2. Для удобства анализа результаты выводятся в графической форме. В режиме диалога предусмотрена возможность вывода графика загрузки средств механизации в отдельные, например, пиковые периоды. Для этого с экрана дисплея следует запрос о датах начала и окончания периода, который нужно изучить подробнее; для анализа ситуации выводится загрузка машин для операций, начинавшихся и заканчивавшихся в заданном отрезке времени.

4. На основе результатов предыдущего этапа строится график загрузки механизаторов, шоферов и основных энергосредств. Они могут быть представлены также в виде таблицы ежедневного необходимого количества машин.

5. Лицо, принимающее решение, анализирует причины формирования пиковых нагрузок механизаторов и машин, превышающих возможности бригады, и оценивает различные варианты маневрирования

График использования АТ-173С

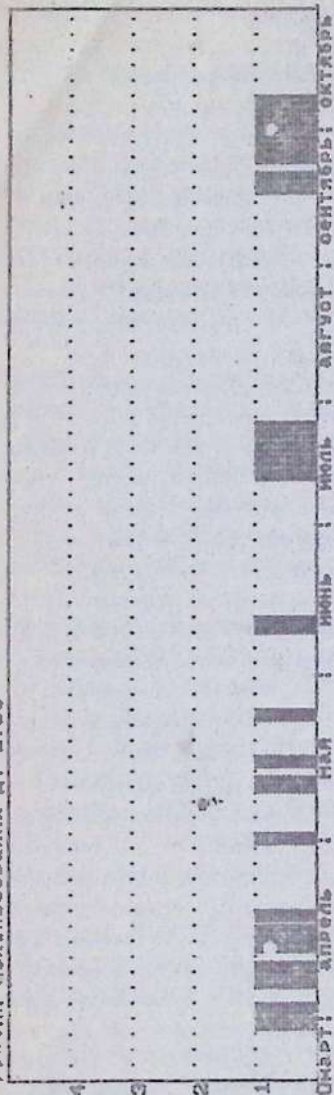


График использования К-701

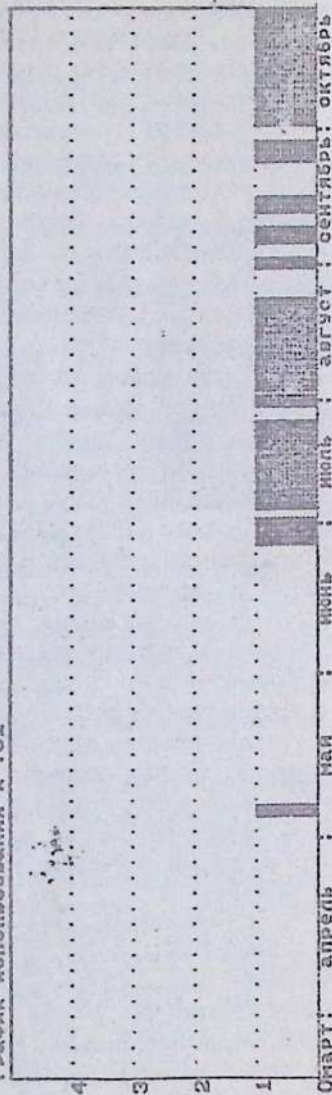


Рис. 2. График использования основных энергетических средств

ресурсами с целью их сглаживания. Или были, например:

использование более мощных энергосредств и высокопроизводительных агрегатов (если они имелись или их можно было арендовать на приемлемых условиях);

изменение сроков начала и окончания работ в пределах агросрока после консультаций с агропромом (в тех случаях, когда пиковые нагрузки имели место в течение одного-двух дней за счет наложения окончания одного вида работ и окончания другого);

коопераций (добровольная и временная) средств механизации на время более длительного пика, например, уборки зерновых колосовых и силосных культур. Все варианты расчетов сопровождались экономическими показателями как для отдельных операций, так и для культур и всех полевых работ в целом. В случае нарушения агротехнических сроков давалась оценка потерь продуктивности культур.

Экономическая эффективность маневрирования имелись в бригаде ресурсами при оптимизации МТП определялась сокращением капиталовложений в среднем на 17 и эксплуатационных — на 10%.

Помимо маневрирования ресурсами другим важным способом снижения затрат средств на приобретение машин была их кооперация в параллельных ПТК. Наиболее очевидным критерием приобретения той или иной машины является возможность обеспечить ей загрузку не ниже нормативной. В этом случае часть их стоимости, перенесенная на произведенную с их участием продукцию, будет не ниже годовых амортизационных отчислений. Однако, для осуществления технологий необходимы машины, которые заведомо будут загружены намного ниже нормативного уровня. В этом случае за срок амортизации такие машины не успеют перенести свою стоимость на продукцию. Для того, чтобы избежать этого, можно приобретать или эксплуатировать машины с низкой загрузкой на условиях совместного владения с параллельными ПТК, особенно с имеющими другую специализацию. Например, ПТК на полевом и кормовом севообороте имеет максимальную потребность в механизаторах и технике в различные периоды.

Так, в колхозе им. К.Маркса Целинского района есть три подрайонных коллектива, причем бригады № 1 и № 3 имеют специализацию на зерновые колосовые и пик нагрузки на механизаторов прихо-

дится на июль, а бригада № 2 специализируется на кукурузе и подсолнечнике, что способствует пику в сентябре.

Если в исходном варианте бригаде № 1 необходимы капиталовложения в технику 300006 руб., а бригаде № 3 – 364299 руб., то после кооперации почвообрабатывающих и уборочных машин их совместные капиталовложения составили – 522103 руб., или на 18% ниже; эксплуатационные затраты снижаются за счет уменьшения расходов на амортизацию. Во втором варианте кооперации (только для уборочной техники) также возможно сокращение капиталовложений на 12% за счет уменьшения количества комбайнов (бригада № 2 использует комбайны в октябре, когда бригадам № 1 и № 2 они уже не нужны). Амортизационные отчисления за кооперируемые средства вносились пропорционально их загрузке в часах (на работах с различной производительностью) или гектарах (на работах с одинаковой производительностью).

Помимо рассмотренной решалась задача планирования и оперативного управления уборочно-транспортным и заготовительным процессом (как наиболее напряженным) /1/. Она охватила все организационные уровни от ПТК до административного района и предусматривала возможность использования межхозяйственных уборочно-транспортных комплексов.

В рамках разработанной подсистемы ПНР накоплен опыт решения исследовательских задач (перечислены в порядке возрастания внешнего дополнения):

оптимизация параметров молотильно-сепарирующего устройства комбайна (предложен оригинальный метод и решена задача нелинейного программирования с 20 неизвестными переменными);

оценка эффективности в условиях ПТК перспективного универсального адантера КМД-6, предназначенного для уборки кукурузы на зерно и силос, на основе оптимизации парка уборочной техники в 32 подрядных и арендных коллективах, представляющих все зоны и подзоны Ростовской области /2/;

определение оптимальной цены и границ эффективного использования перспективного комбайна "Дон-1200" с учетом вероятностного характера агроклиматических условий уборки и соответственно экономического эффекта при его внедрении /3/.

Таким образом, разработанная подсистема поддерживает принятие решений при проектировании и внедрения системы машин для подрядных

и арендных трудовых коллективов обеспечивает исследователей и производителей принципиально новыми инструментами. Обеспечивая эффективный доступ к базам данных, моделей и знаний, многовариантные расчеты в диалоговом режиме на оптимизационных и имитационных системах моделей позволят интенсифицировать выработку решений, увеличить их обоснованность и надежность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рунчев М.С., Липкович Э.И. и др. Совершенствование организации уборочных работ в 1983 году (рекомендации). – Зерноград: ВНИИТИМЭСХ, 1983. – 53 с.
2. Липкович Э.И., Сергеева Л.М. и др. Рекомендации по расчету рационального состава ПП и режимов его использования в подрядных трудовых коллективах. – Зерноград: ВНИИТИМЭСХ, 1989. – 31 с.
3. Липкович Э.И., Сергеева Л.М., Шабанов Н.И. И обоснование эффективности комбайнов класса 6 кг/с. – Зерноград: ВНИИТИМЭСХ, 1989. – С. 165–173.

Кандидат технических наук
Э.И. Липкович
(Дальневосточный)

ПРОБЛЕМНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ЗОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И РАС- ТЕНИКОВОДСТВА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Особенностью с.-х. производства Дальнего Востока является наличие муссонного климата, 90% осадков выпадает в летне-осенний период, что вызывает переувлажнение почвы, а при тяжелом механическом составе и медлой разнице гумусного горизонта – интенсивный поверхностный сток, эрозия почв. Зима суровая и малоснежная, почва промерзает на глубину до 3 м. В весенний период растения страдают от недостатка влаги, а во второй период вегетации – от переувлажнения, неблагоприятного воздушного режима. Поля в регионе большие ровные, средняя длина гона 600–1000 м. Удмемной культурой является пропашная культура соя, которая в структуре посевов хозяйств

занимает до 30% и более. Получила распространение грядковая технология возделывания с.-х. культур.

Недостаточная эффективность с.-х. производства региона объясняется особенностями природно-производственных условий, в т.ч. деградацией агроценозов из-за неправильного несбалансированного использования природных ресурсов, отсутствием экологического подхода в обосновании системы машин.

В настоящее время развитие системы машин для растениеводства находится на сложном переходном этапе, характеризуется следующими особенностями:

1. Переход к рыночной экономике, изменение форм организации труда в растениеводстве.

2. Деградация агроценозов, разрушение природы как результат совместного действия качества с.-х. техники и культуры ее использования.

В соответствии с первой особенностью должны получить приоритетное развитие комплексы машин для крестьянских хозяйств, главной особенностью которых является гибкость, универсальность и доступная цена.

Деградацию агроценозов можно устранить, если при создании, совершенствовании комплексов машин и их эксплуатации перейти от экономических критериев к экологическим, осуществлять не возделывание растений, а возделывание почвы и растений, осуществлять оздоровление почвы и отчуждать с полей не максимальную, а оптимальную биомассу. Реализовать эти условия можно, если в проектировании зональной системы машин исходить из экологических проблем земледелия зоны, связанных с деградацией природно-зонально-экологических проблем региона.

Зонально-экологические проблемы земледелия Дальнего Востока следующие.

1. Чрезмерное уплотнение почвы (равновесная плотность 1,3-1,4; по следам трактора - 1,5-1,7; оптимальная для сои - 1,1-1,2 г/см³).

2. Отрицательный баланс гумуса (ежегодные потери 650 кг/га)

3. Водная эрозия почв (достигает 23% от площади пашни).

4. Малоэффективная борьба с сорняками.

5. Большая кислотность почв (70% полей имеют кислую реакцию).

6. Не регулируется водно-воздушный режим почвы.

Эффективное решение зонально-экологических проблем земледелия возможно лишь при системном подходе, при одновременном проектировании технологических систем (технологий) и машинных комплексов (системы машин), совершенствовании технологических способов обработки почвы и разработке зонально-экологических требований (исходных) на машины и комплексы.

Для решения зонально-экологических проблем земледелия нами разработана система управления плодородием почв (программа ДЕМЕТРА), которая выделяет блоки:

агротехнические

перспективные агротехнические системы;

новые агротехнические способы возделывания почвы и растений;

зонально-экологические требования к новым техническим средствам;

технические

новые зонально-экологические технические средства для работы на ровной поверхности;

новые зонально-экологические технические средства для работы на грядковой поверхности.

Реализация программы ДЕМЕТРА осуществляется в такой последовательности.

1. Оценка зонально-экологических проблем земледелия региона.

2. Функциональная оценка природно-климатических и антропогенных факторов воздействия на почву.

3. Анализ позитивных и негативных факторов воздействия на почву.

4. Разработка новых агротехнических способов возделывания почвы и растений.

5. Разработка перспективных агротехнологических систем (технологий). Биологическое (органическое, экологическое) земледелие.

6. Разработка зонально-экологических требований к новым машинам.

7. Разработка новых зонально-экологических технических средств для работы на ровной поверхности (комплекс ДЕМЕТРА-АЛЬФА)

8. Разработка новых зонально-экологических технических средств для работы на грядовой поверхности (комплекс ДЕМЕТРА-ГАММА)

9. Экспериментальная проверка комплексов в условиях зональных МТС и хозяйств.

Зональная система машин для растениеводства призвана устранить как разрушение природы, так и потери урожая. Назовем это множество зонально-экологическими задачами растениеводства:

1. Устранить переуплотнение почв.

2. Устранить дегумификацию и повысить плодородие почв.

3. Устранить эрозию почв.

4. Устранить негативное влияние весенней засухи и осенне-летнего переувлажнения за счет увеличения аккумулялирующей способности почв.

5. Устранить химическое засорение и отравление почв.

6. Устранить повышенную кислотность почв.

7. Устранить полевые потери выращенного урожая.

8. Восстановить до экологически оптимального уровня почвенную и полевую фауну.

9. Устранить амбарные потери выращенного урожая.

10. Устранить вегетационные потери урожая (потери из-за дефицита факторов жизни растений).

Решить перечисленные задачи растениеводства может только система машин более высокого качества и возможностей, которая в полной мере отвечает проблемам земледелия и задачам растениеводства (зонально-экологическая).

Зонально-экологическая система машин для земледелия и растениеводства — это организованная совокупность технических средств, приспособленных к природно-производственным условиям зоны, обеспечивающая решение зонально-экологических проблем земледелия и зонально-экологических задач растениеводства без физической и химической деградации и потерь почвы, основанная на энергосберегающих технологиях.

Программа разработки зонально-экологической системы машин для земледелия и растениеводства Дальнего Востока включает следующие этапы.

1. Разработка методологии проектирования зонально-экологической системы машин.

2. Изыскание зонально-экологических рабочих органов машин (в том числе для расширенного воспроизводства плодородия почв Дальнего Востока).

3. Разработка экологического пахотно-пропашного трактора

4. Разработка агрофильных ходовых систем.

5. Оценка приспособленности машин к зональным природно-производственным условиям.

6. Разработка зонально-экологических методов эксплуатации машин и комплексов.

7. Разработка зонально-экологических машинных технологий и технологических комплексов для земледелия и растениеводства.

8. Формирование зонально-экологической системы машин для земледелия и растениеводства Дальнего Востока.

Основываясь на проблемном экологическом подходе к разработке зональной системы машин, выполнено следующее:

1. Для решения зонально-экологических проблем земледелия предложена система управления плодородием почвы, программа ее реализации (программа ДЕМЕТРА).

2. Разработана концепция зонально-экологической системы машин для земледелия и растениеводства Дальнего Востока.

3. Разработаны методика зонально-экологического прогнозирования технологий и технических средств и прогноз на 2010 год по сое.

4. Разработана методика зонально-экологической оценки МТА и выполнена оценка эффективности использования тракторов общего назначения на возделывании сои.

5. Разработана концепция экологического пахотно-пропашного трактора.

6. Разработана концепция универсального многооперационного агрегата для возделывания сои.

7. Разработана концепция универсального энергетического модуля.

8. Разработаны постулаты нейтрализации негативного возделывания природно-климатических и антропогенных факторов на почве.

9. Разработано девять способов возделывания почвы в регионе (разуплотнения и оздоровления), которые рассматриваются ДВНИПЗ, получено шесть положительных решений.

Ю. Разработан ряд конструкций устройств для разуплотнения почвы и подпахотного горизонта на ровной и грядовой поверхности.

II. Даны предположения по зонально-экологическим технологиям и комплексам машин для возделывания сои и других культур на ровной поверхности в условиях Дальнего Востока.

12. Даны предложения по зонально-экологическим технологиям и комплексам машин для возделывания с.-х. культур на постоянных грядах малых участков крестьянских хозяйств в условиях Дальнего Востока.

Применение проблемного экологического подхода к разработке зональной системы машин, предложенного ДальНИИТИМЭСА, позволяет:

уменьшить номенклатуру машин в зональной и общей системах машин;

обеспечить новые прогрессивные формы ведения с.-х. производства, получающие развитие в связи с переходом к рыночной экономике;

устранить деградацию природы как результат совместного действия качества с.-х. техники и культуры ее использования.

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

Введение.....	3
Кориановский Л.П. О концепции научного обеспечения механизации, электрификации и автоматизации сельского хозяйства в предстоящие пять лет и на период до 2000 года..	7
Липкович Э.И. К методике обоснования системы машин в растениеводстве.....	30
Финн Э.А. Задачи и методы разработки систем машин для комплексной механизации растениеводства.....	49
Рунчев М.С. Некоторые аспекты обоснования системы машин.....	71
Маслов Г.Г. Методические основы формирования зональной системы машин.....	75
Мак С.В. Система моделей и программы для формирования системы с.-х. машин.....	86
Липкович Э.И., Пасечная Л.Д. Прогнозирование состава парка уборочных комплексов для зерновых культур....	96
Криков А.М., Пузырева Г.А., Максимчук А.Ф. Автоматизированная оптимизация потребности хозяйства в транспортных и погрузочно-разгрузочных средствах с учетом их совместной работы.....	113
Докин В.Д. Методические подходы при разработке системы машин в условиях многоукладной экономики.....	126
Лазовский В.В. Рациональное ресурсное обеспечение первичных звеньев АПК и принципы формирования сельскохозяйственного машиностроения.....	144
Эйдис А.Л. Методические вопросы формирования системы машин для сельскохозяйственного производства.....	150
Сергеева Л.М. Проектирование технического оснащения подраздных трудовых коллективов в растениеводстве.....	168
Камчадалов Е.П. Проблемный экологический подход к разработке зональной системы машин для земледелия и растениеводства Дальнего Востока.....	175

РЕФЕРАТЫ

УДК 631.3:001.89

О концепции научного обеспечения механизации, электрификации и автоматизации сельского хозяйства на предстоящие пять лет и на период до 2000 года. Нормановский Л.П. — В сб.: Методические основы разработки зональных систем машин для механизации растениеводства. — Зерноград: ВНИИТИМЭСХ, с. 7 — 30.

Проанализировано современное состояние механизации сельского хозяйства России, определены наиболее важные направления исследований научных учреждений по обоснованию зональных систем машин, позволяющих в комплексе механизировать все операции в условиях многоукладности сельского хозяйства.

УДК 631.3:633/635

К методике обоснования системы машин в растениеводстве. Липкович Э.И. — В сб.: Методические основы разработки зональных систем машин для механизации растениеводства. — Зерноград: ВНИИТИМЭСХ, с. 30 — 49.

Сформулированы некоторые принципы организации трудовых коллективов в растениеводстве, их взаимодействия в сельскохозяйственном предприятии. Рассмотрена структура многоуровневой модели обоснования системы машин.

УДК 631.3:633/635

Задачи и методы разработки систем машин для комплексной механизации растениеводства. Финн Э.А. — В сб.: Методические основы разработки зональных систем машин для механизации растениеводства. — Зерноград: ВНИИТИМЭСХ, с. 49 — 71.

Предложена систематизация эксплуатационных систем сельскохозяйственной техники, разработаны математические модели и программные средства их проектирования и оптимизации, которые в совокупности дают цельную методическую базу для совершенствования типажа сельскохозяйственных машин и повышения эффективности их использования в колхозах, совхозах, арендных бригадах и фермерских хозяйствах.

УДК 631.3

Некоторые аспекты обоснования системы машин. Гунцев И.С. В сб.: Методические основы разработки зональных систем машин для механизации растениеводства. — Зерноград: ВНИИТИМЭСХ, с. 71 — 75. Определены приоритетные направления создания системы машин в сельском хозяйстве на современном этапе, повышающие эффективность разрабатываемых технических средств.

УДК 631.3

Методические основы формирования зональной системы машин. Маслов Г.Г. — В сб.: Методические основы разработки зональных систем машин для механизации растениеводства. — Зерноград: ВНИИТИМЭСХ, с. 75 — 86.

Сделана попытка при обосновании зональной системы машин (ЗСМ) учесть стохастическую природу процессов и факторов внешней среды. Приведены подсистемы и уровни задачи по обоснованию ЗСМ. Предложен подход к определению экономического эффекта от системы машин.

УДК 631.3

Система моделей и программ для формирования системы с.-х. машин. Мак С.В. — В сб.: Методические основы разработки зональных систем машин для механизации растениеводства. — Зерноград: ВНИИТИМЭСХ, с. 86 — 95.

Предложена система моделей для формирования системы машин, удовлетворяющая методологическим и концептуальным требованиям.

УДК 631.3:631.35

Прогнозирование состава парка уборочных комплексов для зерновых культур. Липкович Э.И., Пасечная Л.Д. — В сб.: Методические основы разработки зональных систем машин для механизации растениеводства. — Зерноград: ВНИИТИМЭСХ, с. 96 — 112.

Разработан метод прогнозирования технического оснащения, который заключается в оптимизации технологических комплексов машин и формировании парка уборочной техники с учетом риска и неопределенности производственного процесса, параметры урожая в период уборки, показатели работы машин в составе комплексов.

УДК 631.171:658.011.56

Автоматизированная оптимизация потребности хозяйств в транспортных и погрузочно-разгрузочных средствах с учетом их совместной работы. Крилов А.М., Пузырева Г.А., Максимчук А.Ф. – В сб.: Методические основы разработки зональных систем машин для механизации растениеводства. – Черноград: ВНИПТИМЭСХ, с. 113–126.

Описан методический подход к определению потребности хозяйства в автотранспортных и совместно работающих с ними погрузочно-разгрузочных средствах, основанный на применении математического моделирования, проведения двухэтапных оптимизационных расчетов на ЭВМ и ориентированный на разработку нормативов потребности в указанных средствах и системы машин для регионов страны.

Приведены экономико-математическая модель и алгоритм автоматизированного формирования матриц оптимизационных задач.

УДК 631.3

Методические подходы при разработке системы машин в условиях многоукладной экономики. Докин Б.Д. – В сб.: Методические основы разработки зональных систем машин для механизации растениеводства. Черноград: ВНИПТИМЭСХ, с. 126–144.

Приведены расчеты технической оснащенности и потребности в механизаторах на основе кооперативных коллективов и семейного подряда по методике оптимизации СибИМЗ, проведенные в реальных условиях в течение 4 лет.

УДК 631.3:631.145:621

Рациональное ресурсное обеспечение первичных звеньев АПЗ и принципы формирования сельхозмашиностроения. Лазовский В.В. – В сб.: Методические основы разработки зональных систем машин для механизации растениеводства. Черноград: ВНИПТИМЭСХ, с. 144–150.

Проанализированы современные технологии и комплексы машин, приведены расчеты потребности в технике для всех форм собственности, прогнозные характеристики машиностроительного комплекса, предложено структурное расчленение машин на узлы и агрегаты, предложены попытки наладить эти предложения на конкретную область и район.

УДК 631.3

Методические вопросы формирования системы машин для сельскохозяйственного производства. Эйдис А.Л. – В сб.: Методические основы разработки зональных систем машин для механизации растениеводства. – Черноград: ВНИПТИМЭСХ, с. 150–167.

Предложены структурные схемы формирования государственных заказов и планов экономического и социального развития предприятий, управления процессом изучения спроса и предложений; организация зональных научно-производственных объединений – основы проектирования, производства и поставки зональной техники; переориентации заводов отрасли на выпуск элементной базы, способствующей внедрению прогрессивного блочно-модульного проектирования с.-х. техники и обеспечению предприятий сельского хозяйства с различной формой организации труда узкозональной техникой широких типоразмерных рядов.

УДК 631.3:633/635

Проектирование технического оснащения подрядных трудовых коллективов в растениеводстве. Сергеева Л.М. – В сб.: Методические основы разработки зональных систем машин для механизации растениеводства. – Черноград: ВНИПТИМЭСХ, с. 168–175.

Разработан инструмент поддержки предприятия решений при проектировании и внедрении системы машин в условиях коллективного подряда. Проведена в итеративном режиме апробация разработанного алгоритма-программного комплекса при поддержке решений по обоснованию рационального состава, режимов функционирования машинно-тракторного парка, хозяйственного задания и производственной программы в трудовых коллективах Ростовской области; часть исследовательских задач решена.

УДК 631.3:631.58:633/635

Проблемный экологический подход к разработке зональной системы машин для земледелия и растениеводства Дальнего Востока. Намчадалов Е.П. – В сб.: Методические основы разработки зональных систем машин для механизации растениеводства. – Черноград: ВНИПТИМЭСХ, с. 175–180.

Для решения зонально-экологических проблем земледелия

разработана система управления плодородием почв (программа ДЕМЕТРА), а также концепция системы машин для земледелия и растениеводства Дальнего Востока.

Методические основы разработки эс-альных
систем машин для механизации растениеводства

Сборник научных трудов

Редакторы :

Корректоры :

Технические
редакторы :

Индексатор —

Гришъ А.П.,

Скнярь Л.Ф.

Рубанникова И.Н.,

Тарасова Н.Д.

Морозова М.Г.,

Тарасова Н.Д.

Новикова А.С.

Подписано к печати 30.01.92г. Формат 60х841/16. Объем 10 уч-
изд.л. Тираж 600 экз. Заказ 1-92. Цена 5-руб. 8-00
Печатно-множительная группа ВНИИТИМЭСХ