The key words: *roots of algebraic equations, factors of a polynom, a polynom drawing, integrated package MATHCAD, the theorem.*

ЛОГИСТИКА МНОГОУРОВНЕВОГО ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

А. Н. Скороходов, *д.т.н., профессор кафедры «Тракторы и автомобили» ГОУ ВПО «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт»*

Аннотация. Предложена логически обоснованная многоуровневая система моделирования технологических и производственных процессов в растениеводстве, которая позволяет на основе теории альтернативного риска прогнозировать технико-технологические параметры процессов и комплексов. Приведены примеры реализации.

Ключевые слова: моделирование, процессы, параметры, режимы работы.

На всех стадиях возделывания и уборки сельскохозяйственных культур необходимо правильно выбрать сорт, технологию возделывания, определить наилучшие сроки выполнения каждой технологической операции, обеспечить оптимальные условия роста и развития растений, минимальные затраты труда, средств, энергии и сохранение урожая на всех этапах его выращивания. Таким образом, проектирование и управление производственными процессами представляет собой научно обоснованное предвидение большого и взаимно увязанного комплекса технологи-

ческих, технических, организационных мероприятий и их экономически наиболее выгодное осуществление.

Проектирование можно рассматривать как оптимизацию процессов при стимулировании полезных и уменьшении вредных эффектов. Для нахождения оптимальных решений множества задач, возникающих при выполнении полевых работ, необходимо иметь достаточно емкую теорию. Теория должна предусматривать взаимосвязанные алгоритмы, по которым можно количественно оценивать качество функционирования технологических процессов, технических средств их реализации, и по избранным критериям оптимизировать влияние вредных и полезных воздействий.

Структурная схема многоуровневой системы задач оптимизации технологических и производственных процессов в растениеводстве представлена в виде сложной системы взаимодействующих подсистем (табл.1). Управление процессом осуществляется при поступлении информации о развитии и состояниях подсистем.

Таблица 1

Структурная схема системы оптимизации при моделировании производственных процессов

Обоснование агротехнологических требований и суточного темпа проведения работ по критериям качества и ресурсосбережения		
Вероятностная оценка состояний агрегатов, определение частных показателей их использования	Оптимизация	Параметров агрегатов для основных работ; режимов работы агрегатов; состава МТП; структуры и объемов работ по типам энергетических средств; параметров тракторов для зоны, региона, хозяйства; параметров агрегатов для технологических комплексов
Вероятностная оценка взаимодействия	Оптимизация	Системы структуры и состава технологических комплексов; способа организации

элементов системы эксплуатационного обеспечения процессов		работ; емкостей компенсаторов; характеристик и параметров системы технического обслуживания и ремонта (ТОР)
Оценка влияния факторов эксплуатации на изменение технических характеристик взаимодействующих подсистем	Оптимизация	Оценка надежности агрегатов, звеньев, технологических комплексов и обоснование требований к их вероятности безотказной работы; выбор стратегии резервирования и ТОР; обоснование схемы ТОР; обоснование резерва производительности
Оптимизация системы эксплуатационного обеспечения технологических и производственных процессов при условиях: 1. Обеспечение пропускной способности подсистем 2. Обеспечение суточного темпа проведения работ с заданной вероятностью 3. Сочетание параметров оптимизации взаимодействующих подсистем		

На **первом уровне** с учетом природно-производственных факторов, определяющих судьбу урожая и оказывающих влияние на технологические процессы и надежность их функционирования, определяются оптимальные сроки начала и суточный темп выполнения полевых работ по минимально допустимым потерям продукции или энергии.

На **втором уровне** реализуется группа оптимизационных задач, обеспечивающих поэтапное решение проблемы выбора энергетических средств и обоснования параметров и режимов работы агрегатов для выполнения основных и вспомогательных операций технологического процесса.

На *первом этапе* по минимуму приведенных затрат, с учетом вероятностной оценки состояний агрегатов и условий их эксплуатации, определяются параметры агрегатов для основных работ.

На *втором этапе* по минимуму затрат энергии на единицу выполненной работы определяются режимы работы агрегатов.

На *третьем этапе* по одному из наиболее важных критериев, для условий хозяйства или холдинга оптимизируется: состав МТП, структура и объем работ по типам энергетических средств, их годовая загрузка, нормативы потребности и другие показатели использования.

На *четвертом этапе* по минимуму суммарных затрат денежных средств или энергии на комплекс работ, выполняемых тракторами данного типа, оптимизируются параметры тракторов для хозяйства, холдинга, зоны или региона.

На *пятом этапе* по критерию минимума суммарных приведенных затрат на единицу выполненной работы уточняются параметры агрегатов для технологических комплексов.

На **третьем уровне** реализуется группа оптимизационных задач, обеспечивающих поэтапное решение проблемы обоснования структуры и состава основного и обслуживающих звеньев технологического комплекса и организации работы взаимодействующих подсистем.

На *первом этапе* с учетом вероятностной оценки взаимодействия агрегатов и звеньев, выполняющих основную технологическую и вспомогательные операции, а также с учетом потребности в технике, обеспечивающей суточный темп выполнения работ с допустимыми потерями урожая, определяется структура и состав основных и вспомогательных звеньев технологических комплексов.

На *втором этапе* производится сравнительная оценка способов организации работы технологических комплексов и по максимальной производительности выбирается лучший для данных условий.

На *третьем этапе* по критерию, обеспечивающем минимальный простой технологической линии определяется емкость технологических компенсаторов, если они предусмотрены по технологии.

На *четвертом этапе* по критериям, обеспечивающим максимальную эффективность использования звеньев комплекса или минимум затрат на профилактику и восстановление оптимизируются характеристики и параметры системы технического обслуживания.

На **четвертом уровне** производится оценка влияния факторов эксплуатации на изменение технических характеристик взаимодействующих подсистем.

На *первом этапе* производится оценка надежности агрегатов, звеньев и всего технологического комплекса, обосновываются требования к их вероятности безотказной работы по критерию минимума суммарных затрат при условии, что надежность элементов будет выше требуемой надежности системы.

На *втором этапе* производится сравнительная оценка и выбор стратегий технического обслуживания по критерию максимума технической эффективности. Если при этом требуемая готовность комплекса не обеспечивается, то вводится резервирование. Выбор стратегии резервирования производится по критерию обеспечения требуемой надежности с минимальными затратами средств.

На *третьем этапе* по критерию максимальной эффективности функционального использования комплекса выбирается схема организации ремонтно-технических воздействий.

На *четвертом этапе* определяется резерв производительности комплекса по допустимой вероятности того, что время работы комплекса не превысит допустимое.

На **пятом уровне** проводится обобщенная оптимизация системы технологического, технического и организационного обеспечения производственных процессов по критерию минимума интегральных затрат на единицу выполненной работы или произведенной продукции. При этом интегральные затраты включают затраты на простои постов обслуживания, на взаимные ожидания технических средств, на резервирование и приведенные затраты при соблюдении условий оптимизации.

При поиске оптимальных решений стратегия базируется на теории альтернативного риска, который ведет к неизбежным ошибкам из-за того, что при удлинении сроков выполнения процессов растут потери урожая, а при сокращении сроков и привлечении мощных технических средств растут затраты. Таким образом, делается одна из двух ошибок, т.е. тратятся лишние средства за счет перестраховки, либо за счет потерь урожая. Необходимо свести к минимуму возможные ошибки обоих родов путем нахождения минимума интегральных затрат и определения соответствующих допусков на прогнозируемые параметры.

Основное достоинство такого подхода к проектированию производственных процессов - системность, которая проявляется в том, что эффективность проведения того или иного технологического, технического или организационного мероприятия оценивается по конечному результату, т.е. по потерям, связанным с ущербом от недобора урожая и с затратами на выполнение технологического процесса.

Преимущество такого подхода состоит в том, что в рассматриваемой модели учитывается связь между страте-

гиями и эффективностью планируемых мероприятий, обеспечивающих нахождение экстремума, энергетического, экономического или технического показателей и минимизации потерь.

Таким образом, отдельные стороны проблемы рассматриваются не изолированно, когда каждая из заинтересованных сторон занимается оптимизацией процесса в отрыве от других явлений, а в рамках единой модели, которая систематизированным подходом охватывает все важнейшие аспекты проектирования и управления производственными и технологическими процессами в растениеводстве [1].

Предложенная многоуровневая система проектирования реализована и используется в учебном процессе при моделировании различных производственных ситуаций и принятии обоснованных решений [2].

По предложенной выше методике разработаны алгоритмы и программы моделирования взаимосвязанных производственных процессов и определены параметры тракторов и агрегатов на их базе для различных условий эксплуатации и потребительских свойств (табл.2).

Таблица 2

Оптимальные параметры тракторов для эталонных условий эксплуатации. Удельное сопротивление К =50 кН/м^2, длина гона L= 600 - 800 м

Параметры тракторов	Типы тракторов		
	универсально-пропашной	общего назначения	
	Vр допустимая	Vр оптимальная	
Мощность двигателя, кВт	95-105	114-122	150-170
Масса трактора (без балласта), т	3,4-3,7	3,9-4,2	7,5-8,0
Энергонасыщенность, кВт/т	27,9-28,4	27,2-31,3	18,8-22,7

Для различного сочетания условий эксплуатации, характеризуемых удельным сопротивлением почвы и длиной гона, оптимальные параметры универсально-пропашного трактора представлены в таблице 3.

Таблица 3

Оптимальные параметры универсально-пропашного трактора в различных условиях эксплуатации

Удельное сопротивление почвы, кН/м^2	Длина гона, м				
	200	400	800	1200	1600
30	75	80	85	92	94
40	82	88	93	98	104
50	87	94	102	107	ИЗ
60	94	102	108	114	120
70	98	106	114	122	128
80	104	ИЗ	121	129	138

Из таблицы 3 видно, что диапазон мощности трактора для возделывания пропашных составляет от 70 до 138 кВт, а массы от 3 до 5 т.

Эффективность использования тракторов зависит от рационального их агрегатирования на всем комплексе выполняемых работ. Установлено, что на посеве зерновых по минимуму энергозатрат эффективны агрегаты с шириной захвата 7,2 и 10,8 м. Дальнейшее увеличение ширины захвата не целесообразно из-за повышения буксования. На посеве пропашных культур, возделываемых с междурядием 0,7 м, трактор с мощностью 95-105 кВт и массой 3,4-3,7 т рациональнее всего агрегатировать 12-рядными сеялками с шириной захвата 8,4 м. Масса балласта может быть до 0,8 т.

Междурядную культивацию пропашных культур следует также проводить с 12-рядными культиваторами. Работа с 12-рядной системой машин должна проводиться

лишь при снижении рабочей скорости. Поэтому, учитывая заметное повышение производительности (около 30 % по сравнению с 8-рядной системой на посеве пропашных, 28 % на 1-й междурядной культивации и 17 % на 2-й культивации), снижение трудовых затрат, а также необходимость согласования рядности посевных и культиваторных агрегатов, рекомендуются 12-рядные машины и для междурядной культивации.

На транспортных работах рекомендуемый трактор экономичнее всего использовать с прицепами грузоподъемностью 8-10 т.

Результаты расчетов в обобщенном виде по определению оптимальных значений мощности двигателя и энергонасыщенности тракторов для основных технологических операций и мощности двигателей кормоуборочных агрегатов технологических комплексов для всех классов длины гона полей представлены в таблице 4.

Таблица 4

Оптимальная мощность двигателя для выполнения комплексов технологических операций

Технологические операции	Класс длины гона, м					
	Менее 150	50-200	00-300	00-400	00-600	00-1000
	Основная и предпосевная подготовка почвы					
Вспашка на глубину 22 см, К =48 - 53КН/м^2	60	80	122	132	160	198
54 - 59 кН/м^2	75	90	124	144	167	223
60 - 65 кН/м^2	84	98	129	158	178	240
Лущение, дискование	66	73	80	88	92	108
Сплошная культивация	52	59	64	73	78	86
Боронование 2 следа	50	59	71	82	93	119
Посев и междурядная обработка почвы						
Посев зерновых и трав	65	73	81	84	88	112

Посев пропашных	66	73	79	82	86	104
Первая междурядная обработка	53	60	68	73	73	113
Вторая междурядная обработка с подкормкой	82	86	94	96	102	107
Заготовка и транспортировка кормов						
Скашивание с плющением	24	25	26	28	34	38
Ворошение, сгребание	13	13	14	15	17	20
Подбор валков с измельчением	101	103	105	112	127	137
Транспортировка на расстояние, км, 1-3	56	62	67	73	81	92
3-5	75	82	90	97	108	122
5-7	97	108	119	127	137	161
7-10	118	129	142	153	167	193

Из приведенных результатов (табл. 4) видно, что мощности тракторов, рекомендованные для условий хозяйств различных форм собственности в России, не превышают 200 кВт и только на весьма тяжелых почвах более мощные тракторы могут быть эффективны. Анализ мирового производства тракторов показывает, что более 95 % тракторов имеют мощность менее 200 кВт. Оправданное использование агрегатов на базе более мощных тракторов возможно при их оптимизации по иным критериям.

Наивысшая эффективность использования технологических комплексов для выполнения производственных процессов в конкретных условиях с учетом агротребований достигается при определенном суточном темпе выполнения работ, оптимальном сочетании основных и резервных агрегатов технологических и обслуживающих звеньев, выборе оптимальной стратегии параметров и ре-

жимов работы взаимодействующих подсистем. При этом наступает стабилизация процесса, наименьшее значение приобретают коэффициенты простоя технологических и обслуживающих подсистем.

Литература

1. Скороходов, А. Н. Обоснование методов повышения эффективности использования технологических комплексов в растениеводстве. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / А. Н. Скороходов. ~ М.: МГАУ, 1997 г.

2. Зангиев, А. А. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка / А. А. Зангиев. - М: КолосС, 2006г.

Logisnics of the multilevel approach to modeling of the technological and productions in plant growing

A. N. Skorohodov, *doctor of technical sciences, professor of the chair "Tractors and cars" the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute*

Annotation. *The logical multilevel system of modeling technological and productions in plant growing is offered, which allows to predict on the basis of the theory of alternative risk tehniko-technological parameters of processes and complexes. Realization examples are resulted.*

The key words: *modeling, processes, parameters, operating modes.*