

УДК 63.001.57

UDC 63.001.57

**КОМПОЗИТНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ  
МОДЕЛЬ НАВИГАЦИИ УБОРКИ –  
ЗАГОТОВКИ УРОЖАЯ В АПК**

**COMPOSITE MATHEMATICAL MODEL  
OF CROP HARVESTING-STORAGE IN AIC**

Бакурадзе Леонид Амбросиевич  
аспирант

Bakuradze Leonid Ambrosievich  
post-graduate student

*Кубанский государственный аграрный  
университет, Краснодар, Россия*

*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Рассматривается композитная математическая модель для создания (креации) уборочно-заготовительных событий, проектирования уборочно-транспортно-заготовительных процессов и ежесуточного оперативного планирования работы уборочно-транспортно-заготовительного комплекса в период проведения уборочно-заготовительных кампаний в АПК на региональном и районном уровнях в формате товарно-сырьевых зон Заготовительных предприятий (Элеваторные комплексы, Сахарные заводы). Описывается интегрированный алгоритм формирования ресурсно-сбалансированных, технологически увязанных и согласованных по времени суточных планов ведения уборочно-транспортно-заготовительных работ на плече: пункт погрузки Производителя сельхозпродукции (поставщик) – пункт приемки Заготовителя товарной продукции.

Composite mathematical model for creation of harvesting-storage actions, projecting of harvesting-transporting-storage processes and every day-to-day operative planning of harvesting-transporting-storage complex work during the period of harvesting-storage campaigns in AIC on regional and district levels in format of finished-raw zones of storage enterprises (elevator complexes, sugar plants) are considered. Integrated algorithm of formation of resource-balanced, technologically connected and coordinated in time of daily plans of harvesting-transporting-storage works maintenance on the side: place of shipment of agricultural products Producer (supplier)- place of finished products acceptance of a purveyor is described.

Ключевые слова: АПК, УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНО-ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЙ КОНВЕЙЕР, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ПЛАНИРОВАНИЕ, ЗАГОТОВКА, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ПРОДУКЦИЯ.

Key words: AIC, HARVESTING-TRANSPORTING-STORAGE CONVEYOR, AUTOMATIZATION, OPERATIVE MANAGEMENT, PLANNING, STORAGE, AGRICULTURAL PRODUCTS.

При проведении уборочно-заготовительных Кампаний (*Кампаний*) на территории Агропромышленного комплекса района/региона происходит интенсивное производственно-техническое и технологическое взаимодействие Участников уборочно-транспортно-заготовительных работ:

- поставщиков – Производителей сельхозпродукции;
- заготовителей – Приемных/Перерабатывающих предприятий;
- перевозчиков – Автотранспортных организаций.

Интенсивность взаимодействия Участников Кампаний обусловлена технологическими требованиями текущего момента:

- сезонностью осуществляемых работ;
- влиянием погодных условий на качество убираемого урожая;
- обеспечением высокого качества закладки на хранение;
- сроками проведения уборочно-заготовительных работ.

От слаженности работы уборочно-транспортно-заготовительного комплекса (*комплекса*) во многом зависят: сроки проведения уборки, заготовки, качество и сортность заготавливаемой продукции. Слаженность работы комплекса оказывает большое влияние также и на эффективность использования подвижного состава автотранспорта, погрузочной техники, разгрузочного оборудования, технологического оборудования Заготовительных предприятий, количество расходуемых ГСМ и электроэнергии. Согласованность взаимодействия участников уборочно-транспортно-заготовительного процесса (*процесса*) непосредственно влияет на качество и стоимость заготавливаемой товарной продукции.

В настоящее время производственно-хозяйственные отношения участников уборочно-транспортно-заготовительной Кампании определяются *Договорами поставки сельхозпродукции, «Правилами организации и ведения технологического процесса на заготовительных предприятиях» и «Правилами организации перевозок сельхозпродукции»*. Эффективный организационно-технический механизм (математические модели) и инструментальное средство оперативного управления Кампанией (алгоритмы), которые бы обеспечили формализацию взаимодействия всех участников Кампании, с одной стороны, и информатизацию навигации Кампании в формате товарных зон Заготовительных предприятий на плече: пункт погрузки производителя сельхозпродукции (поставщик) – пункт приемки заготовителя товарной продукции – отсутствуют.

Для осуществления оперативного управления уборочно-транспортно-заготовительным процессом руководителям агроформирований и автотранспортных организаций необходимо иметь в своем распоряжении организационно-экономический механизм и быстродействующий аналитический инструмент для обеспечения ежесуточной функционально-технологической и временной увязки деятельности предприятий АПК и формализации регламентов технологического взаимодействия. В основу организационно-экономического механизма и быстродействующего аналитического инструмента должны быть положены математическая модель и алгоритм, обеспечивающие в совокупности рационализацию процесса навигации уборочно-заготовительной Кампанией в формате управляемого объекта.

#### **ПОСТАНОВКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ**

Объектом управления является товарно-сырьевая зона Заготовительного предприятия. В качестве Заготовительных предприятий определим такие перерабатывающие или осуществляющие хранение сельхозпродукции агроформирования, как Элеваторы, Комбинаты хлебопродуктов, Приемные пункты, Сахарные заводы, Свеклоприемные пункты. В номенклатуру товарной продукции (сельхозпродукции) входят все зерновые-колосовые и сахарная свекла.

Товарная зона Заготовительного предприятия представляет собой совокупность территориально распределенных агроформирований, производящих сельхозпродукцию, в нашем случае – производство зерновых-колосовых и сахарной свеклы. Агроформирования – Сельхозпроизводители являются структурными образованиями различных форм собственности. Сельхозпроизводители осуществляют поставку товарной продукции на агроформирования – Заготовительные предприятия, которую Заготовительные предприятия потребляют для переработки или принимают на хранение. Агроформирования – Сельхозпроизводители могут располагаться на территории одного или нескольких административных образований.

На территории товарной зоны имеется фиксированная транспортная сеть, связывающая все агроформирования объекта управления и обеспечивающая транспортную доступность к местам уборки/погрузки и приема/разгрузки. Топология транспортной сети товарной зоны определяется взаиморасположением на территории товарной зоны Сельхозпроизводителей и Заготовительного предприятия. Транспортная сеть сконфигурирована звеньями транспортной сети. Звеном транспортной сети является участок транспортной сети, связывающий один пункт погрузки – Сельхозпроизводителя с пунктом разгрузки – Заготовительным предприятием. Каждое звено транспортной сети имеет фактическое расстояние. Транспортная сеть не имеет петель и узлов, но имеет путепроводные пересечения.

Крупные Сельхозпроизводители имеют распределенную структуру производственных подразделений – бригады, отделения, участки. Каждое структурное подразделение:

- ведет свою производственно-хозяйственную деятельность на закрепленных за ним земельных угодьях путем возделывания той или иной сельхозкультуры;

- имеет в своем распоряжении уборочную технику (зерно- и свеклоуборочные комбайны), погрузочные механизмы (зерно- и свеклопогрузчики), площадки для кратковременного складирования (бурты) или подработки сельхозпродукции (механизированные тока);

- имеет весовую для взвешивания автотранспорта, оснащенную весовым оборудованием, обеспечивающим взвешивание груженых и порожних крупнотоннажных транспортных средств. Уборочная техника и погрузочные механизмы характеризуются нормированными техническими данными.

Заготовительное предприятие имеет пункт приемки товарной продукции. На территории пункта приемки располагаются посты разгрузки, укомплектованные крупнотоннажным разгрузочным оборудованием и механизмами. Разгрузочное оборудование и механизмы характеризуются нормированными техническими данными. При въезде на территорию пункта приемки находится Контрольно-визировочная лаборатория качества (КВЛК). На территории пункта приемки устроены несколько весовых на

въезде и выезде с оборудованием для взвешивания груженых и порожних крупнотоннажных транспортных средств.

На территории товарной зоны располагаются централизованные Автотранспортные предприятия (АТП), которые оказывают Сельхозпроизводителям, не имеющим своих транспортных ресурсов, транспортно-экспедиционные услуги по доставке урожая с территории производственных подразделений Сельхозпроизводителей на Заготовительное предприятие. Каждое АТП выставляет на период проведения уборочно-транспортно-заготовительных Кампаний специально наряженный автоотряд в составе необходимого количества транспортных единиц.

Некоторые Сельхозпроизводители имеют Автопарк с достаточным количеством крупнотоннажных транспортных средств. В период проведения уборочно-транспортно-заготовительных Кампаний они могут выставлять свой специально наряженный автоотряд, который будет осуществлять вывоз только своей товарной продукции с пунктов погрузки своих структурных подразделений на пункт приемки Заготовительного предприятия.

На период проведения уборочно-транспортно-заготовительной Кампании юридически (на основе договоров) определено организационно-экономическое закрепление Сельхозпроизводителей за Заготовительными предприятиями и централизованных Автотранспортных предприятий – за Сельхозпроизводителями. В течение всего срока проведения уборочно-транспортно-заготовительной Кампании, на каждый день всем Участникам выделяют ресурсы и задают временные режимы работы. Сельхозпроизводители выставляют подготовленные к сдаче (на вывоз) объемы товарной продукции по видам. Автотранспортные предприятия и Автопарки Сельхозпроизводителей выставляют свои автоотряды для оказания Сельхозпроизводителям и Заготовительному предприятию транспортно-экспедиционных услуг по доставке урожая с пунктов погрузки – Сельхозпроизводителей на пункты разгрузки – Заготовительное предприятие.

Ресурсы всех участников уборочно-транспортно-заготовительной Кампании не фиксированы, не сбалансированы и обоснованно не сосредоточены. Отсутствует функционально-технологическая увязка уборочно-транспортно-заготовительного процесса. Оперативно-тактический прогноз и параметризация объемов уборки – сдачи – приемки отсутствуют. Оперативной инсталляции ресурсов нет. Мониторинг процесса отсутствует. Оперативное управление осуществляется путем ситуативного администрирования. Параметризация работы уборочно-транспортно-заготовительного комплекса (ежесуточное планирование) и аналитическое сопровождение процесса (оперативное управление) отсутствуют.

Необходимо ежедневно организовывать высокоэффективное проведение уборочно-транспортно-заготовительных работ на территории товарной зоны Заготовительного предприятия, обеспечивающее: наиболее полное использование имеющихся у Участников ресурсов, ликвидацию не-

производственных затрат и сокращение расхода энергоносителей, а также сокращение сроков уборки-заготовки, значительную экономию выделяемых дотационных финансовых средств и снижение себестоимости сельхозпродукции.

#### **ПРЕДЛАГАЕМОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ**

Организацию высокоэффективного проведения уборочно-транспортно-заготовительной Кампании на территории товарной зоны Заготовительного предприятия предлагается осуществлять на основе процессного подхода к проблеме формализации межведомственного технологического взаимодействия всех участников Кампании – агроформирований (Производители сельхозпродукции, Заготовительные предприятия) и обеспечивающих им техническую помощь централизованных Автотранспортных предприятий, муниципальных и коммерческих предприятий и организаций. Процессный подход к проблеме организации уборочно-транспортно-заготовительных работ (*работ*) в АПК реализуется на основе применения инновационной технологии организации и управления уборочно-транспортно-заготовительными Кампаниями в АПК – **технология композитной навигации уборочно-заготовительных Кампаний в АПК – ТКН УЗК «Вектор»**.

Концептуально и методологически **ТКН УЗК «Вектор»** обеспечивает, в формате товарных зон Заготовительных предприятий, научно обоснованную формализацию оперативной производственной деятельности уборочно-транспортно-заготовительного комплекса (*комплекса*) путем параметрической увязки технологического взаимодействия назначаемых ресурсов всех Предприятий – участников процессов за счет определения единого порядка и способа проведения уборочно-транспортно-заготовительных работ, на основе регламентации процедур межведомственного хозяйственного взаимодействия в едином информационном и пространственно-временной формате.

Основу **ТКН УЗК «Вектор»** составляют *математическая модель навигации уборочно-заготовительных кампаний* (ММН УЗК) в формате товарных зон Заготовительных предприятий и алгоритм проектирования уборочно-транспортно-заготовительных процессов на плече: пункт погрузки – Производитель сельхозпродукции (поставщик) – пункт приемки – Заготовитель товарной продукции.

#### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАВИГАЦИИ УЗК**

##### **КОМПОНЕНТЫ ММН УЗК**

*Математическая модель навигации уборочно-заготовительных кампаний* в АПК включает следующие *классификаторы, идентификаторы, математические и информационные модели, алгоритмы методы и способы*:

- паспорт товарной зоны Заготовительного предприятия;
- математическая модель процесса уборки – заготовки урожая;

- ресурсно-балансную технологическую модель;
- дорожно-транспортную модель работ;
- конвейерно-поточную модель процессов;
- модель планирования;
- модель разработки показателей управляющих документов;
- проблемно-ориентированные алгоритмы;
- методы расчетов;
- методы параметрической увязки показателей процесса.

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ММН УЗК

### **Паспорт товарной зоны Заготовительного предприятия**

#### **Конфигурация объекта управления**

Дадим семантические определения элементам объекта управления ММН УЗК.

*Заготовительное предприятие* – Комбинат хлебопродуктов (КХП), Хлебоприемное предприятие (ХПП), Сахарный завод, Свеклоприемный пункт.

*Контрольно-визировочная лаборатория качества (КВЛК)* – структурное подразделение Заготовительного предприятия, осуществляющее предварительный и оперативный контроль качества принимаемой сельхозпродукции.

*Пункт приемки Заготовительного предприятия* – Элеватор, пункт разгрузки, кагатное поле Сахарного завода, кагатное поле Свеклопункта.

*Пост разгрузки* – механизм, обеспечивающий разгрузку транспортного средства на пункте приемки.

*Производители сельхозпродукции (поставщик)* – агроформирования АПК различных форм собственности, осуществляющие производство сельскохозяйственной продукции и ее поставку на Заготовительные предприятия.

*Пункт погрузки Производителя сельхозпродукции* – мехток, склад, поле, комбайн.

*Погрузчик сельхозпродукции* – механизм, обеспечивающий погрузку сельхозпродукции на транспортное средство.

*Транспортировщики* – Автотранспортные организации, осуществляющие транспортные услуги по перевозке сельскохозяйственной продукции (Централизованные Автотранспортные предприятия – АТП, автоотряды Автопарков Сельхозпроизводителей – АП).

*Транспортное средство* – автотранспортный агрегат.

*Сельскохозяйственная продукция* – зерновые, сахарная свекла.

*Элементарный транспортный канал* – участок транспортной сети с формализованным грузопотоком.

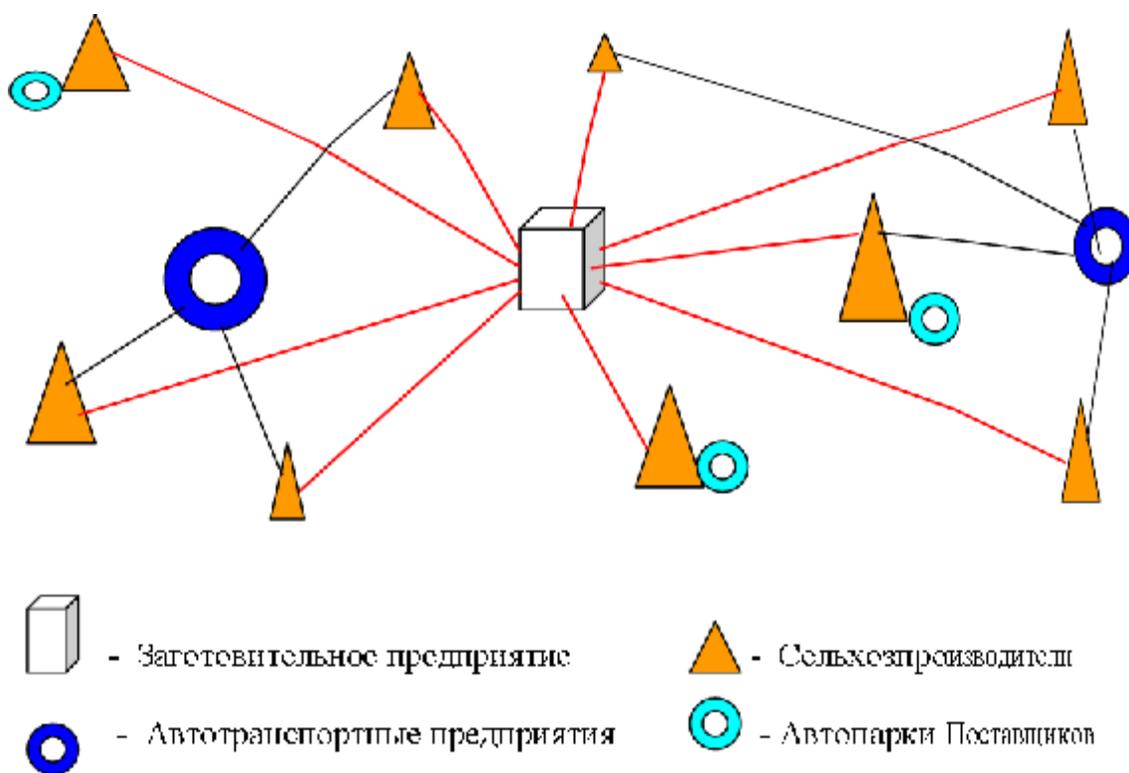
*Мощность транспортного канала* – пропускная способность, которая измеряется количеством груза в тоннах, перевозимого на 1 км за 1ч, т.е. тонн×км/час).

*Маршрут* – параметризованное звено адресно-ориентированного участка транспортной сети.

### Топологическая модель товарной зоны

Опишем конфигурацию товарной зоны как *объекта управления* и организационно-хозяйственной модели в формате характеристик Участников, панорамы производственно-технологических ресурсов товарной зоны в контексте нормативно-справочных данных на оборудование, технику и транспортные средства.

Топологическая модель представляет фиксированную транспортную сеть без узлов и петель (см. рисунок).



### Структурно-топологическая схема типовой товарной зоны Заготовительного предприятия

Транспортная сеть связывает между собой находящиеся в ее вершинах пункты погрузки – Производителей сельхозпродукции (*в дальнейшем Производители*), пункты разгрузки – Заготовительные предприятия, гаражи Автотранспортных предприятий и Автопарки Производителей.

Для каждого звена транспортной цепи расстояние известно.

Определено закрепление Производителей за Заготовительными предприятиями и Автотранспортных предприятий за Производителями сельхозпродукции.

Определена последовательность стадий и порядок этапов процесса. Нормативно-справочная информация представляет собой реестры паспортов на оборудование, технику и транспортные средства, реестр расстояний по всем звеньям транспортной сети, хронометражные временные параметры контролирующих процесс операций (взвешивание, заезды, разгрузка, съезды, контроль качества принимаемой продукции).

### **Формализованное описание товарной зоны**

#### **Классификатор переменных**

#### **Идентификаторы показателей объекта управления**

Для записи математических соотношений, обеспечивающих описание ММН УЗК и качественно-количественных характеристик товарной зоны Заготовительного предприятия, введем следующие идентификаторы:

$i = 1, \dots, I$  – код пункта погрузки хозяйства;

$j = 1, \dots, J$  – код производителя сельхозпродукции, автопарка;

$k = 1, \dots, K$  – код районного АПТ;

$n = 1, \dots, N$  – код Заготовительного предприятия;

$x = 1, \dots, X$  – индекс Автотранспортной организации ( где  $X=J+K$ );

$u = 1, \dots, U$  – номер поста разгрузки Заготовительного предприятия;

$a = 1, \dots, A$  – код вида сельхозпродукции;

$b = 1, \dots, B$  – код марки транспортного средства;

$l = 1, \dots, L$  – количество транспортных средств одной марки;

$d = 1, \dots, D$  – код марки погрузчика;

$e = 1, \dots, E$  – код марки разгрузчика;

$c = 1, \dots, C$  – код транспортного канала сети;

$t = 1, \dots, T$  – время работы участников кампании;

$m = 1, \dots, M$  – шифр элементарного выходного транспортного потока по адресно-ориентированному участку транспортной сети;

$y = 1, \dots, Y$  – шифр элементарного товарно-ориентированного входного транспортного потока по транспортной сети.

#### **Идентификаторы показателей процесса**

Для описания декларативных и расчетных показателей в формате суток, на которые будет осуществляться планирование, введем следующие идентификаторы:

$R_{ij}(a)$  - заявленный пунктом погрузки объем сельхозпродукции;

$R_{ijn}(a,d)$  - объем сельхозпродукции, который может быть отгружен группой назначенных погрузчиков;

$R_{ijn}(a)$  - объем сельхозпродукции, который необходимо вывезти с пункта погрузки на Заготовительное предприятие;

$M_{ijn}(a)$  - объем вида сельхозпродукции, который может быть принят с конкретного пункта погрузки;

$P_n(a)$  - общий объем сельхозпродукции каждого вида, который может принять Заготовительное предприятие;

$Pen(a)$  - объем сельхозпродукции, который может быть принят группой постов разгрузки каждого типа Заготовительного предприятия;

$Mjn(a)$  - общий объем каждого вида сельхозпродукции, который может отгрузить и сдать на Заготовительное предприятие Сельхозпроизводитель;

$Mn(a)$  - общий объем каждого вида сельхозпродукции, который могут отгрузить и сдать все закрепленные за Заготовительным предприятием Производители сельхозпродукции;

$Pijnt(m,l)$  – выходящие товарные потоки (отправляемые Поставщиками);

$En(a)$  - объем каждого вида сельхозпродукции, который может принять Заготовительное предприятие;

$Pt(y,l)$  – входящие товарные потоки (принимаемые Заготовителем);

$Aijn(a)$  - количество работы по транспортировке объема каждого вида сельхозпродукции с конкретного пункта погрузки Производителя сельхозпродукции на пункт разгрузки Заготовительного предприятия;

$Aijn$  - количество работы по транспортировке общего объема сельхозпродукции с конкретного пункта погрузки Производителя сельхозпродукции на пункт разгрузки Заготовительного предприятия;

$Ajn$  - количество работы по транспортировке общего объема сельхозпродукции от конкретного Производителя сельхозпродукции на пункт разгрузки Заготовительного предприятия;

$An$  - количество работы по транспортировке общего объема сельхозпродукции от всех Производителей сельхозпродукции товарной зоны на пункт разгрузки Заготовительного предприятия;

$Wijn(a)$  - необходимая мощность элементарного транспортного канала обеспечения адресного потокодвигения сельхозпродукции с каждого пункта погрузки для транспортировки объема каждого вида сельхозпродукции;

$Wj$  - необходимая мощность транспортных ресурсов обеспечения адресного потокодвигения сельхозпродукции с каждого пункта погрузки;

$Wjn$  - необходимая мощность транспортного канала обеспечения адресного потокодвигения общего объема сельхозпродукции от Поставщика сельхозпродукции;

$Fn(c)$  – общая достаточная мощность транспортных ресурсов обеспечения всех адресных потокодвигений сельхозпродукции с каждого пункта погрузки для транспортировки общего объема всех видов сельхозпродукции по товарной зоне Заготовительного предприятия (функционал);

$Wjj$  – общий ресурс (мощность) транспортных средств Автопарка Поставщика сельхозпродукции;

$Wj(k)$  – недостающий транспортный ресурс (мощность) по Поставщику сельхозпродукции;

$W_k$  – общий недостающий транспортный ресурс (мощность) по группе Поставщиков сельхозпродукции, обслуживаемых одним районным АТП;

$W_k$  – общий ресурс (мощность) транспортных средств АТП;

$W_{ijn}(x)$  – общий ресурс (мощность) транспортных средств отряда Транспортной организации, размещенного на элементарном транспортном канале для осуществления потокодвижения сельхозпродукции;

$W_n(x)$  – общий транспортный ресурс Транспортной организации;

$W_n$  – необходимые по товарной зоне транспортные ресурсы в целом;

$W_u$  – производительность поста разгрузки (разгрузчика);

$W_d$  – производительность погрузчика (комбайна);

$W_b$  – мощность рейса транспортного средства;

$P_b$  – грузоподъемность транспортного средства;

$V_b$  – нормативная скорость транспортного средства;

$S_{ijn}$  – расстояние между пунктом погрузки – Производителем сельхозпродукции и пунктом разгрузки – Заготовительным предприятием;

$S_{ijj}$  – расстояние между пунктом погрузки – Производителем сельхозпродукции и гаражом Автопарка;

$S_{ijk}$  – расстояние между пунктом погрузки – Производителем сельхозпродукции и АТП;

$T_{ij}$  – продолжительность работы пункта погрузки Производителя сельхозпродукции;

$T_n$  – продолжительность работы пункта приемки Заготовительного предприятия;

$T_{xs}$  – начало (старт) временного интервала выпуска транспортных средств Автотранспортной организации;

$T_{xf}$  – конец (финиш) временного интервала выпуска транспортных средств Автотранспортной организации;

$Z$  – номер маршрута на транспортной сети (маршрутного графика);

$G$  – актуальное ортонормированное пространство автотранзита на инсталлированной транспортной сети;

$T(z,x)$  – время выхода на линию транспортного средства Автотранспортной организации (АТО);

$T_{ij}(z,x)$  – время нулевого пробега (движение от гаража до пункта погрузки Производителя сельхозпродукции) транспортного средства АТО;

$T_{ijn}(z,x)_{PP.III}$  – время прибытия транспортного средства АТО на пункт погрузки Производителя сельхозпродукции;

$T_{ijn}(z,x)_{III}$  – время нахождения транспортного средства АТО на пункте погрузки Производителя сельхозпродукции;

$T_{ijn}(z,x)_{GP}$  – время движения транспортного средства АТО от пункта погрузки до пункта разгрузки с грузом;

$T_{ijn}(z,x)_{PP.3I}$  – время прибытия транспортного средства АТО на пункт разгрузки Заготовительного предприятия;

$T_{ijn}(z,x)_{ЗП}$  – время нахождения транспортного средства АТО на пункте разгрузки Заготовительного предприятия;

$T_{ijn}(z,x)_{Б.ГР}$  – время движения транспортного средства АТО от пункта разгрузки до пункта погрузки без груза;

$T_{ijn}(z,x)_{ОБ}$  – время оборота (движение от пункта погрузки – Производителя сельхозпродукции до пункта приемки – Заготовительного предприятия и обратно) транспортного средств АТО;

$P_t(y,l)$  – входящие товарные потоки (принимаемые Заготовителем);

$P_{ijnt}(m,l)$  – выходящие товарные потоки (отправляемые Поставщиками);

$K_{ijn}(a)$  – потоковый коэффициент пункта погрузки в общем объеме сельхозпродукции группы хозяйств по каждому виду продукции;

$K_{un}(a)$  – потоковый коэффициент постов разгрузки в общем объеме сельхозпродукции каждого вида, который может быть принят Заготовительным предприятием;

$K_{ijn}(k)$  – потоковый коэффициент пункта погрузки в общем недостающей мощности транспортного канала по прикрепленному к хозяйству централизованному (районному) АТП;

$Q(x)$  – количество марок транспортных средств (ТС) АТО;

$Q_x(z,b)$  – количество ТС каждой марки по каждой АТО;

$Q(z,x)$  – количество рейсов ТС;

#### **Математическая модель процесса уборки – заготовки урожая**

Транспортная сеть между одним Заготовительным предприятием и группой закрепленных за ним производителей не имеет петель и содержит один приемник и произвольное число источников с различной сельхозпродукцией.

Такая конфигурация транспортной сети соответствует случаю многоотварного потока с общим приемником (узел). Схему товародвижения по транспортной сети можно соотнести со схемой движения тока по электрической цепи с произвольным числом выходов и одним входом без узлов и петель. В нашем случае, к описанию процесса товародвижения по транспортной сети товарной зоны Заготовительного предприятия можно применить закон Кирхгофа для электрических цепей в контексте *тока* – сумма входящих в узел токов равняется сумме выходящих из узла токов.

Применительно к схеме товародвижения формализуем уборочно-транспортно-заготовительный процесс в формате закона Кирхгофа. Примем за основу следующее положение: весь подготовленный к отгрузке объем сельхозпродукции должен быть принят Заготовительным предприятием в течение установленного времени работы. Отгрузка товарной продукции, ее транспортировка и приемка будут осуществляться конвейерным методом путем формирования в заданном временном интервале непрерывного и равномерного потока товарной продукции от Поставщиков к Заготовителю.

В общем случае математическую модель уборочно-транспортно-заготовительного процесса на фиксированной транспортной сети объекта управления можно представить соотношениями (1)–(3):

$$F(t) = \sum_{a=1}^A F(a, t), \quad (\text{тонн}) \quad (1)$$

где  $F(t)$  – аналитически обоснованные наличествующие совокупные технологические возможности Заготовительного предприятия по регламентированной за время  $t$  приемке и обработке всех входящих товарных потоков всех видов принимаемой продукции своей товарной зоны, определяемые суммарными возможностями всех постов разгрузки по максимальному объему приемки

$$F(t) = \sum_{u=1}^U Wu(t). \quad (\text{тонн}) \quad (2)$$

$F(a, t)$  – аналитически обоснованные необходимые технологические возможности  $n$ -го Заготовительного предприятия по регламентированной во времени  $t$  приемке и обработке входящих товарных потоков по видам продукции  $a$  своей товарной зоны:

$$F(a, t) = \sum_{x=1}^X \sum_{j=1}^J \sum_{c=1}^C Wc_j x(a, t), \quad (\text{тонн}) \quad (3)$$

$Wc_j x(a, t)$  – аналитически обоснованные наличествующие технологические возможности Сельхозпроизводителей  $j$  по регламентированной во времени *уборке – отгрузке* товарной продукции вида  $a$  в разрезе пунктов погрузки в сочетании с аналитически обоснованными технологическими возможностями Автотранспортных организаций  $x$  по регламентированной во времени  $t$  *транспортировке* товарной продукции с пунктов погрузки Сельхозпроизводителей на пункты разгрузки Заготовительного предприятия по элементарным транспортным каналам  $c$  транспортной сети товарной зоны.

Модель декларирует **обязательность установления соответствия** технологических возможностей приемки Заготовительного предприятия с технологическими возможностями отгрузки Сельхозпроизводителей и технологическими возможностями транспортировки Автотранспортных организаций в едином временном формате.

Уборочно-транспортно-заготовительные работы, осуществляемые уборочно-транспортно-заготовительным комплексом в течение регламентированного времени  $t$  по товарной зоне  $n$ -го Заготовительного предприятия, в общем виде опишем следующими основными балансными уравнениями:

1. По объемам поставки – приемки (отправляемым Сельхозпроизводителями и принимаемым Заготовительным предприятием объемам товарной продукции по видам) (4);

2. По объемам грузоперевозок (работ), выполняемых по транспортной сети Автотранспортными организациями (5):

$$En(a) = \sum_{j=1}^J Mjn(a), \quad (\text{тонн}) \quad (4)$$

$$An = \sum_{x=1}^J Wn(x) * t. \quad (\text{тонн} \times \text{км}) \quad (5)$$

Процесс погрузки – транспортировки – разгрузки по товарной зоне Заготовительного предприятия запишем как уравнение балансов выходящих (отправляемых) и входящих (принимаемых) потоков товарной продукции в следующем виде (потоковое соотношение):

$$\sum_{y=1}^Y \sum_{l=1}^L Pt(y,l) = \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^L Pijnt(m,l), \quad (\text{тонн/час}) \quad (6)$$

где  $Pt(y,l)$  – входящие товарные потоки (принимаемые Заготовителем);

$Pijnt(m,l)$  – выходящие товарные потоки (отправляемые Поставщиками);

Для выполнения потокового соотношения (5) декларируем следующие производственно-технологические условия:

- в регламентированные сроки  $t$  на пунктах погрузки  $i$  Сельхозпроизводителей  $j$  в формате спроектированного ежесуточного плана работ должны отгружать на подаваемый в установленное время подвижной состав АТО подготовленную к сдаче товарную продукцию  $a$  (с соблюдением установленной сортности);

- транспортные средства Автотранспортных организаций, в предписанные для них сроки, должны осуществить своевременную подачу под погрузку, распределенного в формате спроектированного ежесуточного плана работ подвижного состава, произвести транспортировку и доставку товарной продукции от мест погрузки к месту разгрузки;

- на приемном пункте Заготовительного предприятия товарная продукция должна быть принята (проверено соответствие качества, осуществлено взвешивание и разгрузка) в полном объеме и в регламентированные сроки в формате показателей ежесуточного плана работ.

### **Ресурсно-балансная технологическая модель процесса**

Ресурсная часть обеспечивает описание декларированных участниками кампании на сутки планирования видов, объемов и режимов работ и выставляемых ресурсов, а также проводит определение по каждому участ-

нику фактических возможностей осуществления предполагаемых работ назначаемыми ресурсами.

В формате Поставщиков:

- подготовленных к сдаче объемов товарной продукции по видам и сортности;
- выставляемых для производства погрузочных работ погрузочных средств (технические ресурсы);
- регламентов работ.

В формате Заготовителя:

- принимаемых объемов товарной продукции по видам и сортности;
- выставляемого для производства разгрузочных работ разгрузочного оборудования/техники (технических ресурсов).
- регламентов работ.

В формате Транспортировщиков:

- выставляемого для производства перевозок подвижного состава автотранспортной техники (технических ресурсов);
- регламентов работ.

При этом ресурсы и регламенты работы всех Участников процесса не фиксированы и не сбалансированы.

Балансная часть модели обеспечивает согласование ресурсов всех участников и увязку их фактических возможностей:

- определение возможностей Заготовителя по приему декларированных Поставщиками его товарной зоны объемов подготовленной к сдаче товарной продукции по видам и сортности;
- определение фактических объемов поставки товарной продукции по видам и сортности для каждого Производителя;
- определение регламента приемо-сдаточных работ на сутки.

Определим количественные соотношения модели.

*Выявление ресурсных возможностей по Сельхозпроизводителям.*

Соотношение между заявленным объемом сельхозпродукции и возможностью отгрузки на пункте погрузки:

$$P_{ij}(a) \neq P_{ijn}(a, d) \quad . \quad (\text{тонн}) \quad (7)$$

Соотношение между объемом сельхозпродукции, который может быть предъявлен к вывозу с пункта погрузки, и заявленным объемом:

$$\begin{aligned} P_{ijn}(a) &= P_{ij}(a) && \text{- если } P_{ij}(a) \leq P_{ijn}(a, d) \\ P_{ijn}(a) &= P_{ijn}(a, d) && \text{- если } P_{ij}(a) > P_{ijn}(a, d) \quad . \quad (\text{тонн}) \end{aligned} \quad (8)$$

Общий объем каждого вида сельхозпродукции, который Сельхозпроизводитель может отгрузить и сдать на Заготовительное предприятие:

$$M_{jn}(a) = \sum_{u=1}^U P_{ijn}(a) \quad . \quad (\text{тонн}) \quad (9)$$

Общий объем каждого вида сельхозпродукции, который могут отгрузить и сдать все закрепленные за Заготовительным предприятием Производители сельхозпродукции:

$$Mn(a) = \sum_{j=1}^J Mjn(a) \quad . \quad (\text{тонн}) \quad (10)$$

*Выявление ресурсных возможностей по Заготовителю.*

Объем сельхозпродукции одного вида, который может быть принят группой выделенных для этого вида сельхозпродукции постов разгрузки за время работы пункта приемки:

$$Pen(a) = \sum_{u=1}^U Wen(u) * Tn \quad . \quad (\text{тонн}) \quad (11)$$

Общий объем сельхозпродукции одного вида, который может быть принят Заготовителем за время работы приемного пункта (ресурс):

$$Pn(a) = \sum_{e=1}^E Pen(a) \quad . \quad (\text{тонн}) \quad (12)$$

*Баланс сдачи - приемки* по каждому виду сельхозпродукции определяется выражением, устанавливающим соотношение между объемом товарной продукции, который может быть принят Заготовительным предприятием, и определенным по Сельхозпроизводителям к сдаче общим объемом сельхозпродукции:

$$\begin{aligned} En(a) &= Pn(a) && \text{- если } Pn(a) \leq Mn(a) \\ En(a) &= Mn(a) && \text{- если } Pn(a) > Mn(a). \quad (\text{тонн}) \end{aligned} \quad (13)$$

### **Конвейерно-поточная модель процесса**

Конвейерно-поточная модель процесса включает количественные приемы, способы и методы ведения погрузочных, транспортных и разгрузочных работ, обеспечивающие:

- формирование единого, параметрически увязанного, уборочно-транспортно-заготовительного конвейера;
- определение непрерывных, нормированных по времени объемов грузовых потоков товарной продукции по *элементарным транспортным каналам* от мест погрузки к местам разгрузки;
- определение необходимых транспортных ресурсов в разрезе Поставщиков.

Уравнение для определения объема работы по транспортировке сельхозпродукции в формате пунктов погрузки Сельхозпроизводителей имеет вид:

$$Aijn(a) = Mijn(a) * Sijn \quad . \quad (\text{тонн} \times \text{км}) \quad (14)$$

Уравнение для определения необходимой мощности элементарного транспортного канала по транспортировке сельхозпродукции в формате

пунктов погрузки Сельхозпроизводителей имеет вид (*основное соотношение модели процесса*):

$$Wijn(a) = \frac{Aijn(a)}{Tij} \quad . \quad (\text{тонн} \times \text{км/час}) \quad (15)$$

Соотношение, определяющее необходимую мощность совокупного транспортного канала по Сельхозпроизводителю в целом:

$$Wjn = \sum_{a=1}^A \sum_{i=1}^I Wijn(a) \quad . \quad (\text{тонн} \times \text{км/час}) \quad (16)$$

Соотношение, определяющее необходимые для Сельхозпроизводителя транспортные ресурсы в целом:

$$Wj = \sum_{n=1}^N Wjn \quad . \quad (\text{тонн} \times \text{км/час}) \quad (17)$$

Соотношение, определяющее необходимые по товарной зоне транспортные ресурсы в целом:

$$Wn = \sum_{x=1}^X Wn(x) \quad . \quad (\text{тонн} \times \text{км/час}) \quad (18)$$

### **Дорожно-транспортная модель работ**

Дорожная часть модели обеспечивает:

- моделирование уборочно-транспортно-заготовительного процесса по каждой стадии и на каждом этапе (в контексте необходимых к выполнению потоков работ по *элементарным транспортным каналам* от мест погрузки к местам разгрузки).

- оперативное конфигурирование топологии транспортной сети для осуществления процесса и технологическое определение общей мощности необходимых по каждой Автотранспортной организации транспортных ресурсов и качественно (марки)-количественный состав выставляемого автоотряда.

Транспортная часть модели обеспечивает структурированное (качественное и количественное) определение достаточных транспортных ресурсов в разрезе Автотранспортных предприятий и Автопарков Производителей, временных и технологических параметров работы отрядов Автотранспортных организаций и каждого транспортного средства.

*Формализуем процесс определения ресурсов Автотранспортных организаций.* Качество и количество необходимых транспортных ресурсов Автопарков Сельхозпроизводителей и централизованных Автотранспортных организаций рассчитывают с помощью следующих уравнений и соотношений.

Уравнение, определяющее перекрытие всех товарных потоков по всем транспортным каналам транспортной сети товарной зоны Заготовительного предприятия транспортными ресурсами автоотрядов всех Автотранспортных организаций, имеет вид:

$$\sum_{c=1}^C Wijn(c) = \sum_{x=1}^X \sum_{b=1}^B \sum_{l=1}^L Wx(b,l) \quad , \quad (\text{тонн} \times \text{км/час}) \quad (19)$$

где  $Wx(b,l)$  – транспортный ресурс автоотряда Автопарка Сельхозпроизводителя или централизованного АТП.

Уравнение для определения кода марки транспортного средства из списка автоотряда имеет вид:

$$b = |R * Q(x) + 1| \quad . \quad (20)$$

Соотношение, определяющее общий транспортный ресурс автоотряда Автопарка Сельхозпроизводителя:

$$Wjj = \sum_{b=1}^B \sum_{l=1}^L Wj(b,l) \quad . \quad (\text{тонн} \times \text{км/час}) \quad (21)$$

Соотношение, определяющее общий транспортный ресурс автоотряда централизованного АТП:

$$Wk = \sum_{b=1}^B \sum_{l=1}^L Wk(b,l) \quad . \quad (\text{тонн} \times \text{км/час}) \quad (22)$$

Соотношение, определяющее совокупный транспортный ресурс автоотрядов всех автотранспортных организаций:

$$Wn = Wjj + Wk \quad . \quad (\text{тонн} \times \text{км/час}) \quad (23)$$

Транзитная часть модели обеспечивает назначение автотранспортных средств на конкретные маршруты и их расстановку в пространстве товарных потоков на актуализированной транспортной сети сформированного единого информационного поля технологического взаимодействия:

$$G = \sum_{z=1}^Z G(z) \quad , \quad (\text{тонн} \times \text{км/час}) \quad (24)$$

где  $G(z)$  – многопараметрический вектор сосредоточенной (локальной) транспортной единицы маршрута “z”, инсталлированной в формате единого информационного поля товарных потоков на территориально-временном пространстве актуализированной на текущий день транспортной сети.

Задача обеспечения эффективности движения транспорта состоит в том, чтобы каждая из участвующих в перевозках транспортных единиц не мешала всем остальным наряженным автотранспортным средствам. Такие условия обеспечиваются применением ортонормирования.

Суть такого подхода состоит в следующем. Наряженная на маршрут автотранспортная единица представляется в виде многопараметрического вектора в пространстве единого информационного поля товарных потоков на актуализированной, на текущий день, транспортной сети. Расстановка транспортных единиц осуществляется применением ортонормирования векторов транзита каждого автотранспортного средства в пространстве

единого информационного поля товарных потоков путем минимизации корреляции векторов автотранспортных средств за счет сдвига их по временной оси (фазе).

$$Disp [G(z)] \Rightarrow \min . \quad (25)$$

При этом достигается почти нормальное расположение многопараметрических векторов транзита для каждой из наряженных транспортных единиц по отношению друг к другу, за счет чего достигается фактическое, пространственно-временное рассредоточение подвижного состава по товарно-сырьевой зоне на день планирования с параметрической увязкой процессов технологического взаимодействия в толкающе-тянущем режиме в течение рабочего дня.

#### **Модель планирования**

Модель предназначена для проведения ежесуточного агрегированного планирования работы всего уборочно-транспортно-заготовительного комплекса. Она обеспечивает разработку увязанного, регламентированного по времени суточного плана технологического взаимодействия участников уборочно-транспортно-заготовительного процесса, позволяет спроектировать увязанный в едином временном формате технологический процесс и определить роли для каждого Участника, каждой транспортной единицы, каждой единицы разгрузочного оборудования и погрузочной техники, а также разработать сценарий осуществления работ.

Сущность планирования заключается в нахождении рациональных значений параметров деятельности каждого Участника и исполнителя уборочно-транспортно-заготовительных работ и его встраивании в общий производственно-технологический процесс с целью обеспечения для всех единого темпа и ритма производства работ.

#### **Модель разработки показателей управляющих документов**

Обеспечивает адресные расчеты всех показателей предписанного к выполнению процесса, разработку панорамы деловой навигации уборочно-транспортно-заготовительного комплекса и прописку (инсталляцию) индикативных показателей суточного плана работ в разрезе адресно-ориентированных управляющих документов.

#### **Проблемно-ориентированные алгоритмы**

Проблемно-ориентированные алгоритмы обеспечивают процесс решения задачи ежесуточного моделирования уборочно-транспортно-заготовительного процесса и планирования работы в контексте качественно-количественных показателей для каждого участника и исполнителя в формате увязанного производственно-технологического взаимодействия. Решение задачи в контексте каждого алгоритма осуществляется методом прямого счета.

Линейка алгоритмов определена этапами решения задачи, которые логически выстроены в соответствии с концепцией *интегрированной эвристической модели организационного управления процессами (ИЭМОУП)*.

**Этап 1.** Алгоритм формирования актуальной модели объекта управления на региональном/районном уровне в формате товарно-сырьевой зоны Заготовительного предприятия. Определение состава участников и топологии транспортной сети.

**Этап 2.** Алгоритм инсталляции ресурсов на уровне Сельхозпроизводителей. Определение в разрезе пунктов погрузки возможностей по отгрузке декларированных к сдаче объемов сельхозпродукции в сочетании с имеющимися в наличии ресурсами.

**Этап 3.** Алгоритм инсталляции ресурсов на уровне Заготовителя. Определение в разрезе постов разгрузки, возможностей по приему декларированных Сельхозпроизводителями к сдаче объемов сельхозпродукции в целом по товарной зоне в разрезе видов продукции и в сочетании с имеющимися в наличии на Пункте приемки ресурсами.

**Этап 4.** Алгоритм креативного формирования необходимых мощностей потоков товародвижения на Транспортной сети. Параметризация необходимых транспортных ресурсов в контексте объемов работ, определение мощностей элементарных транспортных каналов и формализация грузопотоков по участкам транспортной сети в формате пункты погрузки – пункты разгрузки по отгрузке декларированных к сдаче объемов сельхозпродукции в сочетании с имеющимися в наличии ресурсами.

**Этап 5.** Алгоритм транспортного перекрытия ресурсами сосредоточенных по Сельхозпроизводителям потоков товародвижения на уровне Автопарков Сельхозпроизводителей. Определение необходимых для Сельхозпроизводителя транспортных ресурсов. Перекрытие потоков товародвижения от Сельхозпроизводителя на сосредоточенных участках транспортной сети имеющимися в Автопарке ресурсами, выявление недостающих на перекрытие потоков мощностей транспортных ресурсов.

**Этап 6.** Алгоритм транспортного перекрытия ресурсами сосредоточенных по товарной зоне потоков товародвижения на уровне Централизованных автотранспортных предприятий. Определение необходимых ресурсов автоотрядов ЦАТП и их сосредоточение на не перекрытых участках транспортной сети по связанным Сельхозпроизводителям.

**Этап 7.** Алгоритм сосредоточения транспортных ресурсов Сельхозпроизводителей на связанных участках транспортной сети и назначения транспортных средств автоотрядов Автопарков на маршруты уровня Централизованных автотранспортных предприятий.

**Этап 8.** Алгоритм сосредоточения транспортных ресурсов Централизованных АТП на связанных участках транспортной сети и назначения транспортных средств автоотрядов ЦАТП на маршруты в формате закрепленных Сельхозпроизводителей.

**Этап 9.** Алгоритм аналитической расстановки всех сосредоточенных транспортных единиц на связанные участки транспортной сети и пространственно-временное рассредоточение подвижного состава по товарно-сырьевой зоне на день планирования с параметрической увязкой процессов отгрузки, транспортировки и приемки товарной продукции в толкающе-тянущем режиме на весь рабочий день.

**Этап 10.** Алгоритм параметризации План-заданий в контексте маршрутов транспортных средств на связанных участках транспортной сети и формализации рабочего процесса в формате: пункты погрузки Сельхозпроизводителей – пункт разгрузки Приемного предприятия-Заготовителя.

### **Методы расчетов**

Во всех моделях применяет прямой счет. В ключевых местах используют интерактивный метод разработки сценариев деятельности участников уборочно-транспортно-заготовительных работ и экспертный метод выбора и принятия решений.

Применяют принцип декомпозиции процедуры поиска минимаксного значения функционала  $F(t)$  (соотношения модели (1)) в комплексе с диалоговым способом подбора рационального варианта решения уравнения. Применяют быстроедействующие схемы сравнений и выборки.

Подбор рационального варианта суточного плана работ осуществляется по критерию минимальной достаточности ресурсного обеспечения при максимальном объеме выполняемых работ. Критерий отрабатывается на интегрированном параметрическом поле  $Wijn(c,t,x)$  (основное соотношение модели (15)) ситуационных значений процесса, который задается декларированными и спроектированными показателями всех активных элементов объекта управления.

Расчет вариантов распределения автотранспортных ресурсов осуществляется применением ортонормирования, при котором каждая транспортная единица представлена в виде вектора на интегрированном параметрическом поле процессов

### **Метод увязки показателей процесса**

Увязка показателей уборочно-транспортно-заготовительного процесса в формате участников уборочно-транспортно-заготовительного комплекса осуществляется методом параметрического встраивания каждого из субъектов процесса в агрегированное информационно-технологическое поле работ на транспортной сети товарной зоны по критерию равномерности распределения транспортных средств на всем временном интервале протекания уборочно-транспортно-заготовительного процесса в течение планируемых суток. Другими словами, минимизируется разброс количества прибываемых на Пункт приемки транспортных средств на каждом часовом отрезке всего временного интервала уборочно-транспортно-заготовительных работ применением метода дисперсии.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Предлагаемая **ММН УЗК** позволила реализовать процессный подход к организации уборочно-транспортно-заготовительных работ в АПК и применение инновационной технологии организации и управления уборочно-заготовительными Кампаниями в АПК - ТКН УЗК «Вектор».

Использование математической модели позволило разрабатывать единые и взаимоувязанные для всех участников процесса временные и технологические параметры взаимодействия и обеспечило:

- ежесуточное формирование уборочно-заготовительного конвейера;
- управляемый Темп и Ритм уборочно-заготовительного процесса;
- рациональное использование Участниками своих ресурсов;
- эффективное применение оборудования и техники;
- устойчивую и бесперебойную работу всех Участников процесса.

### Список литературы

1. Амиров, Ю.Д. Основы конструирования: творчество, стандартизация, экономика. – М.: Изд-во стандартов, 1991.
2. Андреев, Г.И. Особенности построения методического обеспечения управления развитием сложных систем специального назначения в современных условиях / Г.И. Андреев, В.В. Витчинка, С.Н. Остапенко // Экономика и математические методы. – 1999. – № 2.
3. Ансофф, И. Стратегическое управление. – М.: Экономика, 1989.
4. Базилевич, Л. А. Модели и методы рационализации и проектирования организационных структур управления / Л.А. Базилевич, Д.В. Соколов, Л.К. Франева. – Л.: ЛФЭИ, 1991.
5. Гамма, Э. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма, Р. Хелм и др. – СПб.: Питер, 2001.
6. Гольдштейн, Г.Я. Проблематика использования математических моделей в управлении экономико-производственными системами // Системный анализ в экономике: Сб. трудов. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. – С. 68–78.
7. Дубов, Ю.А. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем / Ю.А. Дубов, С.И. Травкин, В.Н. Якимец. – М.: Наука, 1986.
8. Ефремов, В.С. Классические модели стратегического анализа и планирования // Менеджмент в России и за рубежом. – 1997. – № 4, 5, 6.
9. Заде, Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня. – М.: Знание, 1974.
10. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахага. – М.: Мир, 1973.
11. Моцкус, И.Б. Многоэкстремальные задачи в проектировании. – М.: Наука, 1967.
12. Прохоров, А.Ф. Системное проектирование технических средств // Автоматизация проектирования. – 1998. – № 1.
13. Фомиченкова, Л.В. Динамическое моделирование в стратегическом анализе и планировании // Менеджмент в России и за рубежом. – 1998. – № 3.
14. Шмален, Г. Математические модели в экономических исследованиях на предприятии // Проблемы теории и практики управления. – 1998. – № 3.
15. Эдельман, В.И. Надежность технических систем: экономическая оценка. – М.: Экономика, 1989.

16. Рожков, В.А. Теория и методы статистического оценивания вероятностных характеристик случайных величин и функций. – СПб.: Гимиз, 2001.
17. Луценко, Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2002. – 605 с.
18. Бакурадзе, Л.А. Персональная проблемно-ориентированная система Дельта на базе микро-ЭВМ Искра-226: ИЛ о НТД №87-11. – Краснодар: ЦНТИ, 1987. – 4 с.
19. Бакурадзе, Л.А. Руководящие материалы по эксплуатации первой очереди автоматизированной информационно-управляющей системы агропромышленного комплекса (АИУС-АПК) с применением ПЭКВМ Искра-226: Руководящие материалы, Курский облисполком. / Л.А. Бакурадзе, Е.В. Луценко, Г.А. Самсонов. – Курск: ЦНТИ, 1986. – 46 с.
20. Бакурадзе, Л.А. Автоматизация оперативного планирования работы предприятий РАПО в период уборки и вывоза урожая сельскохозяйственных культур: Статья (научное издание) / Л.А. Бакурадзе, Г.А. Самсонов. – М.: Э.И. ЦНИИТЭИ приборостроения. Вып.14. 1–16, Серия: «Приборное обеспечение АПК», 1985. – 5 с.
21. Бакурадзе, Л.А. Автоматизация оперативного планирования и управления работой предприятий РАПО (постановка задачи): №2648-85. Деп.: Деп. науч. работы. – М.: Естеств. и точные науки, техника. Ежем. библиографический указатель ВИНТИ №8 (166), 1985. № 699. – 13 с.
22. Бакурадзе, Л.А. Математическая модель и алгоритм решения задачи оперативного планирования и управления в условиях РАПО №2650-85 / Л.А. Бакурадзе, Е.В. Луценко. Деп.: Деп. науч. работы. – М.: Естеств. и точные науки, техника. Ежем. библиографический указатель ВИНТИ № 8(166), 1985. № 699. – 15 с.
23. Бакурадзе, Л.А. Программно-информационное обеспечение задачи оперативного планирования и управления в условиях РАПО (Система “План”: №2649-85. Деп.: Деп. науч. работы. – М.: Естеств. и точные науки, техника. Ежем. библиографический указатель ВИНТИ № 8(166), 1985. № 699. – 15 с.