

УДК 658

UDC 658

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ,  
ИНСТРУМЕНТАРИЙ И МЕТОДИКИ  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОПЕРАТИВНОГО  
УПРАВЛЕНИЯ УБОРОЧНО-  
ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫМИ КАМПАНИЯМИ В  
АПК****MATHEMATICAL MODELS,  
INSTRUMENTATION AND TECHNIQUES OF  
PERFECTION OF THE OPERATIONAL  
ADMINISTRATION OF HARVEST-PROCURING  
CAMPAIGNS IN AGRARIAN AND INDUSTRIAL  
COMPLEX**

Бакурадзе Леонид Амбросиевич  
соискатель

*Кубанский государственный аграрный универси-  
тет, Краснодар, Россия*

Bakuradze Leonid Ambrosievich  
competitor

*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Анализируются методологические и производственно-экономические аспекты сложившейся системы организации и ведения уборки-заготовки урожая зерновых и сахарной свеклы, а также проблема межведомственного взаимодействия. Предлагается инновационный подход к повышению эффективности уборки-заготовки в растениеводстве в современных условиях

Methodological and productive and economic aspects of the developed system of the organization and management of harvest-procuring of a grain yield and sugar beet, and a problem of interdepartmental interaction are analyzed. The innovative approach to increase of efficiency of harvest-procuring in plant growing in modern conditions is offered

Ключевые слова: СВЕКЛА, УБОРКА,  
ЗАГОТОВКА, АПК

Keywords: BEET-ROOT, HARVEST-PROCURING,  
AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX

**ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы исследования.** Уборка-заготовка урожая занимает особое место в деятельности агропромышленного комплекса (АПК). При этом все большую остроту приобретает вопрос о повышении эффективности уборки-заготовки зерновых колосовых и сахарной свеклы и рациональности затрат. В условиях рыночной экономики в соответствии с жесткими требованиями приоритетного национального проекта "Развитие АПК" уже недостаточно просто вырастить хороший урожай: необходимо в оптимальные сроки и с минимальными затратами различных видов ресурсов убрать и доставить его на заготовительные и перерабатывающие предприятия. Однако и в настоящее время повсеместно используются высокозатратные и весьма ресурсоемкие, довольно архаичные подходы к управлению уборкой-заготовкой урожая, оставшиеся практически неизменными с середины прошлого века. В традиционной системе централизованное управление уборочно-заготовительной кампанией в целом осуществляется лишь единожды перед началом уборки, когда оцениваются объемы работ и привлекается сторонний автотранспорт. В самом же ходе уборки-заготовки оперативное (ежесуточное) управление на региональном уровне, в масштабе сырьевых зон Заготовителей, отдается на откуп самим участникам процесса, которые пытаются его регулировать под себя, применяя не связанные ведомственные нормативные акты. Результат – никакого управления и огромные затраты. Сложившаяся в этой области ситуация сегодня уже не может устраивать ни участников уборки-заготовки (Сельхозпроиз-

водители, Заготовители и Переработчики, Транспортники), ни руководство АПК районов и региона в целом.

Перспективная автоматизированная система оперативного управления уборкой-заготовкой урожая на региональном уровне, призвана гарантировать эффективную организацию её проведения и завершение в сжатые сроки, обеспечить рациональный темп и ритмичность уборки-заготовки по объему и номенклатуре продукции без потерь и с высоким качеством, минимизировать производственные затраты и расходы ГСМ. Для этого такая система должна удовлетворять ряду научно-обоснованных *требований*, вытекающих также и из запросов практической рыночной микроэкономики. В частности она должна обеспечивать: согласование объемов убираемой и заготавливаемой продукции по *номенклатуре*; определение мощности грузопотоков по сырьевой зоне заготовителя, формирование *маршрутов* перевозки с учетом классов дорог; *равных условий* поставки сельхозпроизводителям; учет транспорта всех форм собственности с различными зонами его применения; распределение машин на маршрутах *по времени* и минимизацию их взаимовлияния на пунктах погрузки, разгрузки и дорогах; расчет планов-графиков работы оборудования и техники, часовых операционных графиков для всех исполнителей по месту и времени выполнения уборочных, погрузочных транспортных, разгрузочных, заготовительных и других работ (взвешивание, заезды, оформление документов, и т.д.)

**Степень изученности проблемы.** Исследованию проблем управления социально-экономическими системами различных иерархических уровней посвящены работы Г. Андреева, И. Ансоффа, Л. Базилевича, Л. Берталанфи, К.П. Петрова, В. Шапиро. Организация процессов и систем управления изучается в трудах М. Алексеева, Ю. Амирова, А. Вендрова, А. Денисова, Дж. Элти. Проблемы повышения эффективности управления исследованы в трудах В. Дюка, Л. Заде, В. Платова, Э. Попова, В. Убейко, Г. Шмалена. Применению информационных технологий в управлении посвящены исследования В. Богданова Ю. Гаврилина, В. Маркова, А. Райкова, А.Кизим. В работах этих и других авторов рассматривается задача оптимального распределения ограниченных трудовых, материальных, финансовых, временных и других ресурсов на уровне предприятия, как правило, *транспортная задача* линейного программирования. Однако транспортная задача не удовлетворяет сформулированным требованиям к современной системе оперативного управления уборкой-заготовкой урожая сельскохозяйственной продукции.

Проведенное сравнение существующей системы и транспортной задачи на соответствие предъявляемым требованиям показало, что они не соответствуют этим требованиям. В существующей системе в качестве критерия оптимизации фактически рассматривается минимальная длительность кампании, что на практике достигается привлечением в районы на период

уборки-заготовки значительного количества внешнего автотранспорта и приводит к огромным ничем неоправданным затратам. В транспортной задаче таким критерием выступает минимизация суммы тонно-километров, что отражает интересы транспортных организаций и заготовителей сельскохозяйственной продукции, но игнорирует интересы ее производителей и поставщиков. Кроме того, этот критерий ставит в неравные условия сельхозпроизводителей, находящихся на разных расстояниях от заготовителя и не обеспечивает минимизации транспортных затрат, складывающихся в основном из затрат на ГСМ, зависящих не только от расстояний, но и от классов дорог, пробок на дорогах и очередей на пунктах погрузки и особенно пунктах разгрузки.

Все это свидетельствует о том, что математическая модель предлагаемой перспективной системы является не моделью минимизации транспортных затрат, отражающей интересы лишь одного из участников, а *многокритериальной моделью* баланса (разумно обоснованного компромисса) производственно-экономических интересов всех участников. В предлагаемой системе критерии повышения эффективности это уборка и заготовка всего объема и номенклатуры произведенной продукции в оптимальные сроки, с минимальными затратами ГСМ, без потерь и с высоким качеством продукции. По-видимому, в невозможности системного учета законных экономических интересов, а также производственных намерений и реальных технических возможностей всех участников в рамках оптимизационной математической модели транспортной задачи и состоит основная причина трудностей, возникавших при попытках ее внедрения для управления уборкой-заготовкой урожая. Поэтому транспортная задача ГАСУ «Урожай» так и не была внедрена ни в одном из регионов Российской Федерации и в настоящее время нигде не применяется для управления уборкой-заготовкой урожая.

Исследования и разработки по *логистике* уборочно-заготовительных кампаний обычно *ограничиваются* разработкой общетеоретических концепций и иногда математических моделей, тогда как для их применения на практике необходимы соответствующие методики численных расчетов, реализующие их программные инструментальные средства и методики внедрения и применения, а также их многолетняя апробация в реальных кампаниях и последующая доработка. В научной литературе информация о проведении подобных научных исследований и разработок отсутствует.

Таким образом, в настоящее время нет высокоэффективной антизатратной системы оперативного управления уборкой-заготовкой урожая, соответствующей требованиям современной рыночной экономики, т.е. отсутствуют: математическая модель оперативного управления уборочно-заготовительной кампанией на региональном уровне, программный инструментальный системы, методика её внедрения и применения на практике. Всем этим и определяется *актуальность* темы данного исследования.

**Главная задача**, решаемая в работе, состоит в преодолении *несоответствия* сложившейся в середине прошлого века высокочрезвычайно затратной системы управления уборочно-заготовительными кампаниями требованиям современной рыночной экономики и приоритетного национального проекта "Развитие АПК".

**Идея** решения главной задачи состоит в разработке и внедрении отвечающей современным требованиям автоматизированной системы управления региональными уборочно-заготовительными кампаниями на уровне сырьевых зон заготовительных предприятий АПК, включающих один сельскохозяйственный район или несколько смежных районов.

**Цель и задачи исследования** состоят в преодолении стихийно сложившегося несоответствия между применяющейся в настоящее время архаичной, регулируемой разрозненными ведомственными актами и положениями, системой управления уборкой-заготовкой урожая и требованиями современной рыночной экономики.

Достижение поставленной цели осуществляется путем ее *декомпозиции* в последовательность **задач**, решение которых является этапами достижения цели:

**Задача 1:** *исследовать* экономические, организационные и производственные аспекты уборки-заготовки урожая на уровне сырьевых зон заготовительных предприятий АПК и сформировать методическую базу исследования.

*Разработать:*

**Задача 2:** математическую модель оперативного управления уборочно-заготовительной кампанией на уровне сырьевых зон заготовительных предприятий АПК.

**Задача 3:** методику численных расчетов (алгоритмы и структуры данных), обеспечивающую численные расчеты с применением математической модели.

**Задача 4:** программный инструментарий системы, реализующий данную математическую модель и методику численных расчетов.

**Задача 5:** методику решения организационно-юридических, технических, кадровых и других вопросов, связанных с внедрением и применением на практике системы оперативного управления уборкой-заготовкой урожая на региональном уровне.

**Задача 6:** методику оценки эффективности предлагаемых моделей и технологии.

**Задача 7:** рекомендации по внедрению и применению моделей и технологии.

**Объект исследования:** экономические, производственные, организационные и технические аспекты уборки-заготовки урожая.

**Предмет исследования:** математические модели, инструментарий и методики совершенствования оперативного управления уборочно-

заготовительными кампаниями (зерновые колосовые и сахарная свекла) в АПК на уровне сырьевых зон заготовительных предприятий АПК.

**Область исследования.** Диссертационная работа выполнена в соответствии с тематическим планом НИР ФГОУ ВПО "Кубанский государственный аграрный университет" по теме 18: "Разработать предложения по основным направлениям повышения эффективности регионального АПК", раздел 18.16: "Совершенствование математического и информационного обеспечения управления АПК Краснодарского края" (Государственный регистрационный № 0196009014). Содержание работы соответствует области исследования, определенной пунктом 2.3 паспорта ВАК по специальности 08.00.13 – "Математические и инструментальные методы экономики": 2.3. Разработка систем поддержки принятия решений для рационализации организационных структур и оптимизации управления экономикой на всех уровнях.

**Теоретическая и методологическая основа:** *теория* автоматизированных систем управления (АСУ), теория массового обслуживания (в частности теория потоков), реляционная алгебра и теория реляционных баз данных, теория информации, системный анализ, а также *методы* балансовых расчетов, индикаторов, прямого счета, ортонормирования, численного моделирования.

**Информационная база исследования:** данные статистики, учетные показатели уборок, нормативные акты АПК, эксплуатационные данные созданной системы.

**Обоснованность и достоверность научных положений** подтверждается полученными на практике и подтвержденные актами внедрения экономическими результатами: *прямая* экономия средств, затрачиваемых на уборку-заготовку урожая в ходе 9 кампаний в Краснодарском крае, Курской области и республике Адыгея, полученная за счет внедрения предложенной автоматизированной системы оперативного управления, составила около 150 млн.рублей (в ценах 2008года). Кроме этого есть косвенная экономия, полученная за счет увеличения коэффициента загрузки оборудования и техники, повышения качества заготавливаемой продукции, предотвращения ее порчи или понижения качества на пунктах погрузки за счет обеспечения рациональных сроков уборки и заготовки и недопущения смесей продукции высокого и низкого качества.

**Научная новизна работы и положения, выносимые на защиту:**

1. Создана, широко апробирована и предложена для промышленного применения Автоматизированная система оперативного управления уборочно-заготовительными кампаниями по зерновым колосовым и сахарной свекле (АСОУ «Урожай»), обеспечивающая детальное *ежедневное* минутное пооперационное планирование межотраслевого взаимодействия участников и *отличающаяся* от применяемого в настоящее время способа управления, транспортной задачи и имитационной модели – антизатратной

идеологией, устойчивым управлением, конвейерно-поточным способом уборки-заготовки, рациональным применением ресурсов, соответствием требованиям рыночной экономики.

2. Разработана математическая модель оперативного управления уборочно-заготовительной кампанией на региональном уровне, отличающаяся от модели транспортной задачи многокритериальностью и обеспечивающая учет экономических интересов и производственных возможностей участников и их разумный баланс (компромисс), а также наличием не только балансовой и маршрутной модели, но и моделей назначения автотранспорта на маршруты и управления всеми операциями процесса по времени и месту.

*Балансовая модель* обеспечивает согласование объемов по номенклатуре убираемой отгружаемой и заготавливаемой продукции, в том числе и при несовпадении объемов, отличается от модели транспортной задачи учетом многих видов продукции, учетом не только объемов продукции, но и увязкой погрузочно-разгрузочных ресурсов, ежесуточным расчётом темпа хода и ритма ведения уборки-заготовки урожая.

*Маршрутная модель* обеспечивает определение мощности грузопотоков по каждой продукции и формирование сети маршрутов её транспортировки, отличается от модели транспортной задачи возможностью ежесуточного комплексного расчёта параметров процесса уборки-заготовки по конвейерно-поточному принципу и создания производителям равных условий поставки независимо от расстояния пункта погрузки до заготовителя.

*Автотранспортная модель* обеспечивает назначение конкретных автомашин на грузовые потоки и маршруты и отличается от имитационной модели учетом транспорта различной принадлежности, т.е. автотранспортных предприятий, сельхозпроизводителей и частных, а так же обеспечением вывозом продукции с пунктов погрузки всех производителей без остатков (в транспортной задаче автотранспортная модель отсутствует).

*Временная (поминутная) модель* обеспечивает распределение автотранспортных средств *по времени* на грузовых потоках и минимизацию их взаимовлияния на маршрутах, пунктах погрузки и разгрузки, отличается от имитационной модели применением метода ортонормирования временных диаграмм автомашин и расчётом параметров производственных операций для пунктов погрузки, машин и пункта приемки (в модели транспортной задачи временная модель отсутствует).

3. Предложена методика численных расчетов (алгоритмы и структуры данных), обеспечивающая численные расчеты с применением математической модели, отличающаяся от имитационной модели применением теории потоков, обеспечивающей полноту и точность решения, высокое быстродействие программной реализации, а от транспортной задачи - детализацией входной и выходной информации о всех участниках процесса.

4. Предложена методика оценки экономической эффективности применения предлагаемых моделей и инструментария АСОУ «Урожай», отличающаяся от методики оценки эффективности транспортной задачи учетом снижения затрат не только за счет минимизации суммы тонно-километров, но и за счет повышения коэффициента загрузки оборудования и техники, ликвидации очередей на дорогах, пунктах погрузки и особенно разгрузки, сокращения потерь продукции и снижения ее качества за счет образования смесей при её хранении на пунктах погрузки, рациональности сроков уборки-заготовки.

5. Разработана система методик решения организационно-юридических, технических, кадровых и других вопросов, связанных с внедрением и промышленной эксплуатацией Автоматизированной системы оперативного управления уборкой-заготовкой урожая «Урожай», отличающаяся от методики транспортной задачи наличием методики *внедрения и применения*, включая Руководящие материалы, системы *менеджмента* уборки-заготовки урожая и методики *оценки качества* оперативного управления.

**Теоретическая значимость** работы определяется тем, что создана математическая модель, учитывающая и согласующая интересы (обеспечивающая их разумный баланс) всех участников уборочно-заготовительной кампании, что даёт значительный *общесистемный эффект*, в отличие от подхода ГАСУ «Урожай», основанного на транспортной задаче, в которой оптимизация одной из подсистем (транспортной) приводит к ухудшению функционирования других и системы в целом.

**Практическая значимость** работы состоит в том, что:

– разработан программный инструментарий АСОУ "Урожай", методики его внедрения и промышленной эксплуатации, обеспечивающие антизатратное ведение уборки-заготовки урожая в АПК с высокой рентабельностью для всех участников;

– создан и широко апробирован на практике *промышленный образец* АСОУ "Урожай", который может применяться в АПК для эффективного оперативного управления уборкой-заготовкой урожая в масштабе сырьевых зон заготовительных предприятий.

**Апробация результатов исследования.** Результаты работы докладывались на III Всероссийской научно-практической конференции (22.06.2007г. Краснодар), и ряде других всероссийских и международных конференций. АСОУ "Урожай" прошла опытно-промышленную эксплуатацию в ходе 9 уборочно-заготовительных кампаний в Краснодарском крае и Республике Адыгея (пшеница, рис), в Курской области (сахарная свекла).

**Публикации.** Основные результаты диссертации опубликованы в 29 научных работах общим объемом (авторских) 70.0 п.л., в т.ч. в 1 одной монографии, 1 научной публикации в издании, рекомендуемом ВАК, 3 Свидетельствах РосПатента РФ.

**Структура и объем работы.** Диссертация, объемом 172 страниц основного текста, состоит из введения, четырех глав, заканчивающихся выводами, заключения, списка использованной литературы из 61 наименования и содержит: 12 таблиц, 23 рисунка, 3 диаграммы, 67 формул и приложения на 36 страницах.

### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** рассматривается состояние проблемы и актуальность ее решения, определены экономические ориентиры исследования, краткое изложены подходы и научный аппарат, показана научная новизна и практическая значимость, результаты.

**В первой главе: "Организационно-экономические аспекты уборочно-заготовительных кампаний"** приведена историческая справка, определены главная задача, решаемая в работе, ее объект, предмет, цели и задачи, сформулированы и обоснованы требования к методу решения (таблица 1), проведен анализ уборочно-заготовительных кампаний, изучена разработанность темы, представлены выводы, приведена формула исследования. Показано, что главная задача не решается путем оптимизации перевозок с применением математической модели транспортной задачи и имитационного моделирования, по целому ряду причин, в частности: поставленная задача является не транспортной, а задачей оперативного управления эффективностью уборочно-заготовительной кампании *в целом как системы*. У неё другие критерии эффективности: не минимизация транспортных затрат, а рационализация уборки-заготовки *в целом* путем установления соответствия производственных интересов всех участников их техническим возможностям (согласование ресурсов, баланс по объему и номенклатуре грузов) и увязки производственного взаимодействия в единый уборочно-транспортно-заготовительный конвейер (определение объемов уборки, грузопотоков, расчёт маршрутов перевозок, назначение на них транспорта, повременное определение всех операций), и другие *ограничения* (параметры, время решения, инвариантность дорожной сети, множество транспортников и т.д.).

Таблица 1 – СРАВНЕНИЕ НА СООТВЕТСТВИЕ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫМ ТРЕБОВАНИЯМ ПРЕДЛАГАЕМОЙ СИСТЕМЫ С СУЩЕСТВУЮЩЕЙ И С ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧЕЙ

Показатель (критерий)	Предлагаемая система	Используемая система	Транспортная задача
Количество критериев	Многокритериальная система, критерии, отражающие в т.ч. экономические интересы всех участников	Один критерий – минимизация длительности компании	Один критерий – минимизация тонно-километров
Тип груза	Номенклатура грузов	Номенклатура грузов	Однородный
Баланс техни-	Согласование техниче-	Отсутствует, что при-	Есть, но только



ческих ресурсов и объемов уборки-заготовки по номенклатуре	ских ресурсов и объемов поставки-приёмки продукции по <i>номенклатуре</i> , в том числе и при их несовпадении	водит к образованию смесей зерна разного качества на пунктах разгрузки и падению качества продукции	по одному виду. При этом более близким поставщикам дается более высокий приоритет, чем удаленным, что при недостатке транспорта приводит к систематическому планированию недо вывоза и неприемлемо
Маршрутизация: разработка маршрутов транспортировки грузов с учетом классов дорог	Формирование сети грузопотоков по номенклатуре грузов с определением их мощности, разработка <i>маршрутов</i> и дистанций перевозки продукции с учетом классов дорог, расчёт регламентов работы техники и транспорта	Отсутствует, что приводит к значительным порожним пробегам автотранспорта при самостоятельном поиске продукции водителями и высоким непроизводительным затратам ГСМ	
Назначение автотранспорта на маршруты	Назначение <i>машин</i> различной принадлежности с учетом зон их применения на маршруты	Отсутствует, что приводит к порожним пробегам транспорта при самостоятельном поиске продукции водителями и высоким непроизводительным затратам ГСМ	
Управление автотранспортом по времени и месту	Распределение машин <i>по времени</i> операций на маршрутах, пунктах погрузки, разгрузки с минимизацией их взаимовлияние в течение дня	Отсутствует, что приводит к пробкам на дорогах и очередям при погрузке и особенно разгрузке, превращает транспорт в неэффективные хранилища грузов на колесах и приводит к высоким затратам ГСМ	
Управление операциями по месту и времени их осуществления	Увязка производственного взаимодействия исполнителей по месту и времени выполнения работ по уборке-заготовке	Отсутствует, что приводит к невозможности заблаговременной подготовки разгрузочно-погрузочного оборудования, машин и грузов к планируемыми погрузочно-разгрузочным и транспортным операциям	

Таким образом, в 1-й главе *исследованы* экономические, организационные и производственные аспекты уборки-заготовки урожая на уровне сырьевых зон заготовительных предприятий АПК и сформирована методическая база исследования, т.е. решена задача 1.

**Во второй главе: «Математическая модель межотраслевого взаимодействия в период уборки-заготовки урожая»** приведены идея и концепция решения задачи, подход к описанию уборки-заготовки, схема учета интересов участников и принцип планирования, модель объекта управления, схема процесса моделирования, предложен конвейерно-поточный способ организации уборки-заготовки с применением потоковых методов и разработана математическая модель оперативного управления уборкой-заготовкой урожая. Схема суточного цикла управления системы приведена на рисунке 1.

Ежесуточно центр оперативного управления, создаваемый в соответствии с методикой внедрения и применения АСОУ «Урожай», по каналам

связи получает *информацию* о состоянии подсистем объекта управления *на следующие сутки*:

– по *пунктам погрузки* – это информация о предполагаемых объемах уборки-поставки продукции по видах и выставляемым уборочным и погрузочным мощностям;

– по *пунктам разгрузки* – это информация о предполагаемых объемах заготовки, видах принимаемой продукции и выделяемых разгрузочных мощностях;

– по *транспортникам* – это информация о помарочном и количественном составе автоотрядов, выставляемых на выполнение перевозок.

С использованием этой информации, путем последовательного исполнения четырех частных моделей (балансовой, маршрутной, транспортной и временной) комплексной математической модели, решается задача минутного планирования межотраслевого взаимодействия участников уборки-заготовки урожая по времени и местам выполнения операций уборки, погрузки, транспортировки и разгрузки по видам грузов на следующие сутки, разрабатываются и выдаются выходные формы для руководителей и исполнителей.

С точки зрения теории систем автоматизированного управления (АСУ), модель предлагаемой системы относится к *замкнутым* системам или системам управления с обратной связью, в качестве которой выступает оперативная, полная и достоверная информация о текущем состоянии объекта оперативного управления, включающего три иерархических подсистемы: отправители грузов, получатели грузов, транспортники. Используемая же в настоящее время система относится к *разомкнутым* системам, т.е. без централизованной обратной связи и централизованного принятия содержательных управленческих решений. Реализация функции централизованного оперативного управления отдается в ней на откуп исполнителям различных уровней, действующим по своим нормативным актам. Транспортная задача относится к промежуточному варианту, т.к. по одной из трех подсистем (транспортной) объекта управления она является *замкнутой*, хотя и с неадекватным критерием оптимизации, и отражает экономические интересы лишь этой подсистемы, а по двум другим (пунктам погрузки и отгрузки) – *разомкнутой* и соответственно не учитывает ни их текущего состояния, ни их экономических интересов.

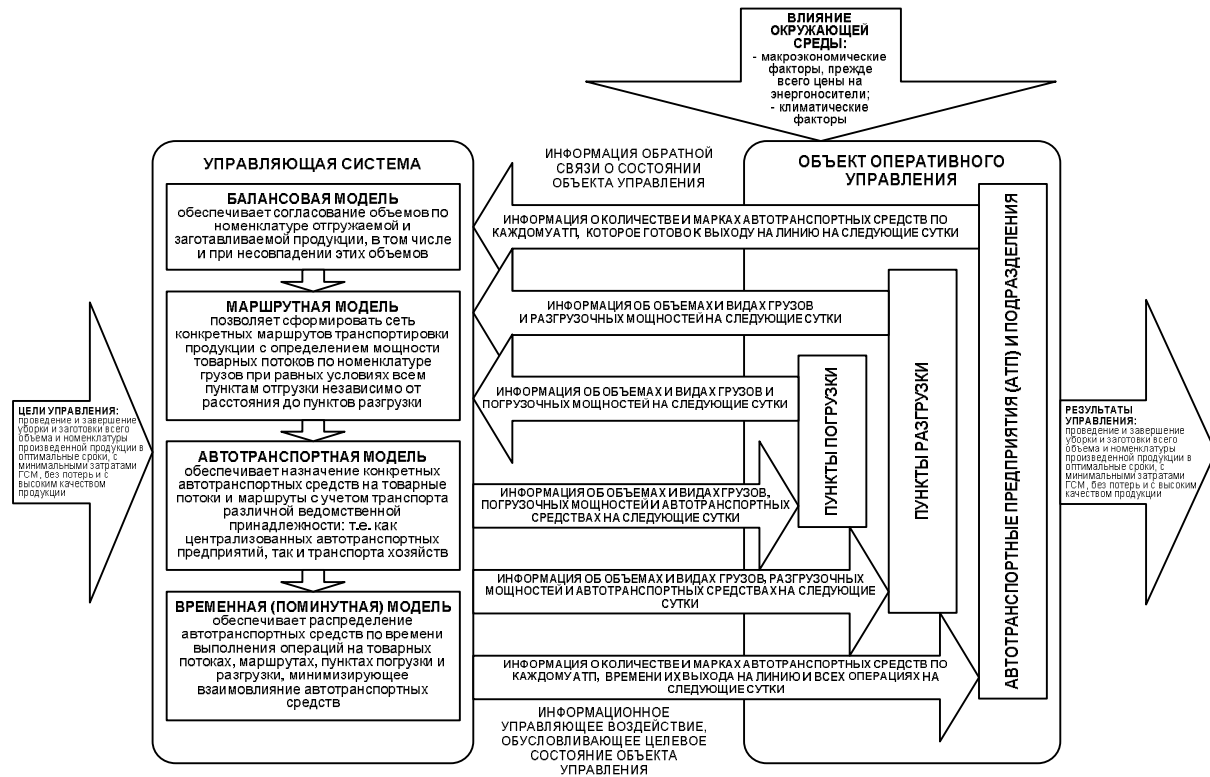


Рисунок 1. Схема суточного цикла управления АСОУ «Урожай»

Кратко рассмотрим основные соотношения предлагаемой математической модели.

**Балансовая модель.** Балансовая модель устанавливает обязательность количественного соответствия технологических возможностей разгрузки-приемки заготовителем с возможностями уборки-отгрузки сельхозпроизводителей и возможностями перевозки транспортников за установленный период времени. В общем случае математическую модель уборки-заготовки по сырьевой зоне заготовителя представим следующим образом: объемы убираемой-поставляемой  $F_j(a,t)$  производителями  $j$ , объемы принимаемой-заготавливаемой  $F_n(a,t)$  заготовителем  $n$  и объемы, перевозимые  $F_x(a,t)$  транспортниками  $x$  за интервал времени  $t$  (периоды уборки-заготовки – день, смена, час) продукции  $a$  должны быть тождественны (модель баланса объемов уборки-перевозки-заготовки):

$$F_n(a,t) = \sum_{j=1}^J F_j(a,t) = \sum_{x=1}^X F_x(a,t) \quad (\text{тонн}) \quad (1)$$

Объем приёмки  $F_n(a,t)$  продукции  $a$  вида за время  $t$  определяется характеристиками  $W_u(a)$  постов разгрузки, их количеством  $u$  и регламентами процесса приемки-разгрузки-закладки и регулируются уровнем загрузки  $K_n(\%)$  оборудования (ресурсы по приемке):

$$F_n(a,t) = K_n * \sum_{u=1}^U W_u(a) * t \quad (\text{тонн}) \quad (2)$$

Объемы поставки  $F_j(a, t)$  продукции  $a$  вида за время  $t$  по сырьевой зоне заготовителя определяются техническими характеристиками  $W_{ij}(a)$  пунктов погрузки  $i$  сельхозпроизводителей  $j$  по уборке-отгрузке и регулируются коэффициентом загрузки  $K_{ij}$  (%) уборочно-погрузочной техники пунктов погрузки (ресурсы по уборке-погрузке):

$$F_j(a, t) = K_{ij} * \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I W_{ij}(a) * t \quad (\text{тонн}) \quad (3)$$

Объемы возможных перевозок  $F_x(a, t)$  поставляемой с пунктов погрузки на приемный пункт продукции  $a$  за время  $t$  определяются техническими характеристиками  $W_{mb}(a)$  (скорость\*грузоподъемность) марок  $b$  машин и их количеством  $m$  по всем транспортникам  $x$ , а также расстояние  $S_n$  перевозок по всем определенным на день проведения работ маршрутам (пункт погрузки-пункт разгрузки). Интенсивность перевозок регулируется подбором скорости движения  $v$  машин транспортников на выделяемых ему маршрутах, в т.ч. с учётом качества дорог и погодных условий, с применением коэффициента вариации скорости  $K_v$  (%) (транспортные ресурсы):

$$F_x(a, t) = K_v * \sum_{m=1}^M \sum_{b=1}^B W_{mb}(a) * t / S_n \quad (\text{тонн}) \quad (4)$$

Устойчивость перевозок обеспечивается подбором операционного времени  $T_o$  (заезды, взвешивание, открытие-закрытие борта,...) и резервным  $T_r$  временем рейса.

Необходимый к выполнению *общий объём работ* по перевозке  $A_{xn}(a)$  для всех транспортников  $x$  продукции  $a$  по установленной дистанции  $S_n$  и возможные *общие объёмы работ*  $A_{ijn}(a)$  по поставке продукции со своих пунктов погрузки  $i$  всеми производителями  $j$  заготовителю  $n$  за время  $t$  должны быть тождественны (*баланс объёмов работ*):

$$\sum_{x=1}^X A_{xn}(a) = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I A_{ijn}(a) \quad (\text{тонн*км}) \quad (5)$$

где: -  $A_{ijn}(a)$  - объём работы по поставке продукции  $a$  с пункта погрузки  $i$  предприятия  $j$  с частотой отгрузки  $M_{ijn}(a)$  тонн/час на дистанцию  $S_{ijn}$  за интервал времени  $t$ :

$$A_{ijn}(a) = M_{ijn}(a) * S_{ijn} * t \quad (\text{тонн*км}) \quad (6)$$

-  $A_{xn}(a)$  - объём работы по перевозке продукции  $a$  транспортниками  $x$  с пунктов погрузки  $i$  закрепленных предприятий  $j$  с частотой её перемещения  $M_{ijxn}(a)$  тонн\*км/час по дистанции  $S_{ijn}$  за интервал времени  $t$ :

$$A_{xn}(a) = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I M_{ijxn}(a) * t \quad (\text{тонн*км}) \quad (7)$$

Ресурсная часть обеспечивает описание декларированных участниками кампании на сутки планирования видов, количества и режимов работ выставляемых ресурсов. Проводит определение по каждому участнику фак-

тических возможностей осуществления предполагаемых работ назначаемыми *техническими ресурсами*. По поставщикам: намеченных к уборке-сдаче объемов продукции (вид, сорт); выставляемых для производства уборки-отгрузки уборочно-погрузочных средств; регламентов работ. По заготовителю: принимаемых объемов продукции по видам и сортности; выставляемого для производства приемочных работ разгрузочного оборудования и техники; регламентов работ. По транспортникам: выставляемого для перевозок автотранспорта; регламентов работ. При этом фактические заявленные технические ресурсы, регламенты и режимы работы всех участников процесса в общем случае не фиксированы, не увязаны и не сбалансированы.

*Балансная часть* модели обеспечивает согласование ресурсов участников: определение возможностей заготовителя по приёму декларированных поставщиками объемов уборки / сдачи продукции по видам и сортности; определение фактических объемов поставки продукции для каждого производителя; определение регламентов и продолжительности  $t$  приемосдаточных работ в целом на сутки.

*Выявление ресурсных возможностей сельхозпроизводителей за время работы  $T_j$ .*

Соотношение заявленного объема  $P_{ij}(a)$  продукции  $a$  с возможностями техники  $d$  типа и производительностью  $P_{ijd}(a)$  по его уборке-погрузке на пункте  $i$  предприятия  $j$ :

$$P_{ij}(a) \neq P_{ijd}(a) * T_j \quad (\text{тонн}) \quad (8)$$

Определение объема  $P_{ijn}(a)$  продукции  $a$ , который может быть поставлен сельхозпредприятием  $j$  заготовителю  $n$  с  $i$  пункта погрузки и заявленным объемом  $P_{ij}(a)$ :

$$\begin{aligned} P_{ijn}(a) &= P_{ij}(a) && \text{- если } P_{ij}(a) \leq P_{ijd}(a) \\ P_{ijn}(a) &= P_{ijd}(a) * T_j && \text{- если } P_{ij}(a) > P_{ijd}(a) * T_j \quad (\text{тонн}) \end{aligned} \quad (9)$$

Общий объём  $M_{jn}(a)$  продукции  $a$ , который может отгрузить заготовителю  $n$  сельхозпредприятие  $j$  с учётом объемов  $P_{ijn}(a)$  по всем своим пунктам погрузки:

$$M_{jn}(a) = \sum_{i=1}^I P_{ijn}(a) \quad (\text{тонн}) \quad (10)$$

Совокупный объём  $M_n(a)$  продукции  $a$ , объёмов  $M_{jn}(a)$ , которые могут быть убраны и поставлены на заготовительное предприятие  $n$  сельхозпроизводителями  $j$ :

$$M_n(a) = \sum_{j=1}^J M_{jn}(a) \quad (\text{тонн}) \quad (11)$$

*Выявление ресурсных возможностей по заготовителю за время работы  $T_n$ .*

Расчёт объема  $Pun(a)$  продукции  $a$ , принимаемого постом разгрузки  $u$  производительностью  $Wun(a)$ , за время работы  $Tn$  пункта приемки заготовителя  $n$ :

$$Pun(a) = Wun(a) * Tn \quad (\text{тонн}) \quad (12)$$

Расчёт объема  $Pn(a)$  продукции  $a$  вида, который может разгрузить группа постов разгрузки  $u$ , назначенных заготовителем, за время работы приемного пункта (ресурс):

$$Pn(a) = \sum_{u=1}^U Pun(a) \quad (\text{тонн}) \quad (13)$$

Объем  $En(a)$ , который будет приниматься заготовителем  $n$  определяется соотношением *баланса сдачи-приемки* по продукции  $a$ :

$$\begin{aligned} En(a) &= Pn(a) && \text{- если } Pn(a) \leq Mn(a) \\ En(a) &= Mn(a) && \text{- если } Pn(a) > Mn(a) \end{aligned} \quad (\text{тонн}) \quad (14)$$

**Маршрутная модель.** Обеспечивает расчёт параметров потоков продукции по сырьевой зоне по видам, конфигурирование траекторий перемещения  $Sijn$  от пунктов погрузки к пункту приемки и установление маршрутов  $Zijn$  её перевозок на транспортной сети.

Рассчитывает производственные регламенты для всех пунктов погрузки, обеспечивающие им равные условия независимо от расстояния до пункта приемки. *Модель уборочно-транспортно-заготовительного процесса* на фиксированной транспортной сети представим следующим образом. Дистанции траекторий  $Sijn$  рассчитываются по типам дорог транспортной сети сырьевой зоны, приведенным по протяженности к дорогам первого класса, а общее расстояние грузоперевозок  $Sn$  определяется по формуле:

$$Sn = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I Sijn \quad (\text{км}) \quad (15)$$

*Темп и ритм* хода уборки-заготовки в целом определяются уравнением *потокового баланса*: поток каждой продукции по сырьевой зоне заготовителя  $n$  должен удовлетворять следующим условиям - мощности  $Pijc(a)$  выходящих  $c$  с  $i$  пункта погрузки  $j$  поставщика и мощности  $Pny(a)$  входящих  $u$  на пункт приемки потоков по видам грузов  $a$  должны быть равны за временные периоды *сутки, смена*:

$$\sum_{y=1}^Y Pny(a) = \sum_{c=1}^C Pijc(a) \quad (\text{тонн/сутки, тонн/смена}) \quad (16)$$

*Режим* проведения работ и *регламенты* действия определяются уравнением *процесса уборки-транспортировки-заготовки* (тонн/час) на транспортной сети  $Sij(n)$  сырьевой зоны заготовителя  $n$ : мощности  $Wu(y,z)$  заготовителя по приемке поступающих  $u$  грузопотоков, мощности  $Wijn(c,z)$  сельхозпредприятий по формированию направляемых  $c$  заготовителю грузопотоков и мощности  $Wx(b,z)$  перевозчиков  $x$  обеспечивающие транспортировку на маршрутах перевозок  $z$  должны быть равны в каждый интервал *час, минута*: *сельхозпредприятия – транспортники – заготовитель* (тонн/час)

$$\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I \sum_{z=1}^Z \sum_{c=1}^C W_{ijn}(c, z) = \sum_{x=1}^X \sum_{b=1}^B \sum_{z=1}^Z W_x(b, z) / S_{ij}(n) = \sum_{u=1}^U \sum_{z=1}^Z \sum_{y=1}^Y W_u(y, z) \quad (17)$$

Процесс реализуется выполнением производственно-технологических условий:

- на пунктах погрузки  $i$  производителей  $j$  в сроки  $t$  подготовленная к сдаче продукция  $a$  (с соблюдением установленной сортности) должна отгружаться с частотой  $M_{ijn}(a)$  *тонн/час* на подаваемые в установленное время транспортниками машины;

- транспортники  $x$  в сроки  $t$  должны подавать под погрузку автомашины с частотой  $M_{ijn}(a)$  *тонн/час* и производить перевозку продукции  $a$  от мест погрузки  $ij$  к месту разгрузки  $n$  с частотой перемещения продукции  $M_{ijxn}(a)$  *тонн\*км/час* на расстояние  $S_{ijn}$  ;

- на приемном пункте заготовителя  $n$  продукция  $a$  должна приниматься с частотой  $M_{ijn}(a)$  *тонн/час* (проверка качества, взвешивание, разгрузка) в сроки  $t$ .

Работа  $A_{ijn}(a)$  по доставке заготовителю  $n$  объёмов  $M_{ijn}(a)$  продукции  $a$  с пункта погрузки  $i$  сельхозпроизводителя  $j$  на расстояние  $S_{ijn}$  рассчитывается по формуле:

$$A_{ijn}(a) = M_{ijn}(a) * S_{ijn} \quad (\text{тонн*км}) \quad (18)$$

Необходимая мощность  $W_{ijl}(a)$  элементарного транспортного канала  $l$  обеспечения перемещения продукции  $a$  от сельхозпроизводителя  $j$  с пункта погрузки  $i$  за время работы  $T$  уборочно-транспортно-заготовительного комплекса определяется по формуле (*основное соотношение модели процесса*):

$$W_{ijl}(a) = \frac{A_{ijn}(a)}{T} \quad (\text{тонн*км/час}) \quad (19)$$

Необходимая мощность  $W_{jz}(a)$  совокупного транспортного канала - связанного маршрута  $z$  по сельхозпроизводителю  $j$  в целом, с учетом необходимой мощности  $W_{ijl}(a)$  по каждому пункту погрузки и виду  $a$  продукции определяется по формуле:

$$W_{jz}(a) = \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L W_{ijl}(a) \quad (\text{тонн*км/час}) \quad (20)$$

Маршрутная модель *формирует* единый, параметрически увязанный, *уборочно-транспортно-заготовительный конвейер*. Нормирует по времени объёмы потоков продукции по *элементарным транспортным каналам* от мест погрузки к местам разгрузки.

**Автотранспортная модель.** Обеспечивает распределение транспорта на грузопотоки и назначение автомашин транспортников на маршруты. Учитывает количественные характеристики процедур погрузочных, транспортных и разгрузочных работ. Рассчитывает необходимые ресурсы для перевозки продукции по сырьевой зоне заготовителя  $n$  в разрезе транс-

портников  $x$ . Обеспечивает структурированное определение необходимо-достаточного количества транспорта по маркам, а так же расчёт временных и технологических параметров работы транспортников и каждой автомашины. Необходимые сельхозпроизводителю  $j$  для перевозки всех видов продукции по маршрутам  $z$  транспортные ресурсы  $W_j$  рассчитываются по формуле:

$$W_j = \sum_{a=1}^A \sum_{z=1}^Z W_{jz} \quad (\text{тонн*км/час}) \quad (21)$$

Необходимые  $W_n$  транспортные ресурсы по сырьевой зоне в целом на период времени  $Tt$  (день, смена) определяются по формуле:

$$W_n = \sum_{j=1}^J W_j \quad (\text{тонн*км/час}) \quad (22)$$

Перекрытие грузопотоков  $W_{ijn}(z)$  по всем маршрутам  $z$  ( $Z_{ijn}$ ) транспортной сети сырьевой зоны изготовителя ресурсами  $W_x(b,m)$  автоотрядов (количество машин  $m$  по маркам  $b$ ) всех транспортников  $x$  определяется из уравнения:

$$\sum_{z=1}^Z W_{ijn}(z) = \sum_{x=1}^X \sum_{b=1}^B \sum_{m=1}^M W_x(b,m) \quad (\text{тонн*км/час}) \quad (23)$$

Достаточные транспортные ресурсы  $W_{jj}$  автопарков производителей  $j$  и ресурсы  $W_k$  других транспортников  $k$  (в т.ч. АТП) определяются марочно  $b$  - количественным  $m$  составом автоотрядов автопарков  $W_j(b,m)$  и других транспортников:  $W_k(b,l)$ :

$$W_{jj} = \sum_{b=1}^B \sum_{m=1}^M W_j(b,m) \quad W_k = \sum_{b=1}^B \sum_{m=1}^M W_k(b,m) \quad (\text{тонн*км/час}) \quad (24)$$

Совокупный *достаточный* транспортный ресурс  $W_x$  автоотрядов всех транспортников  $W_{jj}$  и  $W_k$  по сырьевой зоне должен быть не менее *необходимого*  $W_n$ :

$$W_x = W_{jj} + W_k = W_n \quad (\text{тонн*км/час}) \quad (25)$$

**Временная (поминутная) модель.** Производит расстановку машин по транспортной сети на суточные траектории перемещения урожая по времени выполнения операций на маршрутах, пунктах погрузки и разгрузки. Минимизирует взаимовлияние машин на траекториях  $S_{ijn}$  грузопотоков и маршрутах  $Z_{ijn}$  транспортной сети. Разрабатывает регламенты работы для техники и оборудования. Рассчитывает пооперационные временные диаграммы и план-графики для каждой машины, пунктов погрузки и разгрузки.

Назначенная на маршрут  $z$  машина представляется многопараметрическим вектором автотранзита  $G_z(r,p,s,v,t a, \dots)$  с расчётными параметрами *рейсы, объём перевозки, расстояние, скорость, временная диаграмма, груз и др.*, соответственно.  $G_z()$  формируют на транспортной сети  $S_n$  интегри-



рованный автотранзит  $G$ , порождающий потоки продукции урожая по траекториям  $S_{ijn}$  от мест уборки-погрузки к местам приемки-разгрузки:

$$G = \sum_{z=1}^Z G_z(r, p, s, v, t, a, \dots) \quad (\text{тонн} \cdot \text{км/час}) \quad (26)$$

Эффективность перевозки обеспечивается тем, что каждая из участвующих машин *не мешает* остальным. Это достигается ортонормированием векторов транзита  $G_z()$  машин в территориально-производственном поле сырьевой зоны. Исключение взаимовлияния достигается минимизацией дисперсии  $Disp[ ]$  векторов  $G_z()$ , рассчитываемой методом сдвига (изменение фазы) диаграммы часового графика  $X_i$  назначенных машинам операций по временной оси работы  $Nt$  уборочно-транспортно-заготовительного комплекса (рисунок 2).

$$Disp [G_z(r, p, s, v, t, a, \dots)] \Rightarrow \min \quad (27)$$

При этом формируется близкое к ортогональному расположение векторов  $G_z()$  на оси времени  $t$  и достигается рациональное рассредоточение машин по маршрутам  $Z_{ijn}$  транспортной сети  $S_n$  сырьевой зоны с минимизацией их взаимовлияния по месту и времени выполнения операций, а параметры рабочих процедур каждого исполнителя увязываются в единый *ритм* уборочно-транспортно-заготовительного *процесса* на весь день.

Временная шкала поступлений автотранспорта на Пункт Приемки



Рисунок 2. Минимизации взаимовлияния автотранспорта по месту и времени осуществления операций методом ортонормирования в АСОУ "Урожай"

Не смотря на то, что минимизация транспортных затрат не является критерием оптимизации в предлагаемой системе, ее математическая модель обеспечивает существенное сокращение и этих затрат по сравнению с существующей системой за счет учета классов дорог, ликвидации порожних пробегов, исключения пробок на дорогах и очередей на пунктах погрузки и особенно приёмном пункте. С другой стороны, т.к. в транспортной задаче взаимовлияние автомашин не минимизируется, то велики поте-

ри и за счёт этого. В результате эффективность использования транспорта в предлагаемой модели может быть выше, чем в транспортной задаче.

Таким образом, во 2-й главе разработана математическая модель оперативного управления уборочно-заготовительной кампанией на уровне сырьевых зон заготовительных предприятий АПК, т.е. решена задача 2.

**В третьей главе: «Программный инструментальный оперативного управления уборочно-заготовительными кампаниями»** разработаны алгоритмы и структуры данных (т.е. методика численных расчетов), пользовательский интерфейс и программное (инструментальное) обеспечение Автоматизированной системы оперативного управления уборочно-заготовительными кампаниями – АСОУ "Урожай", реализующей математическую модель и методику численных расчетов, приведен численный пример. Создано несколько версий системы с использованием разных языков программирования и на компьютерах различных платформ: Wang-2200С, Videoton-2000 и PC IBM. Текущая версия системы создана под ОС MS Windows с применением технологии визуального объектно-ориентированного программирования (Visual Basic 6.0) и постоянно совершенствуется. Все версии АСОУ «Урожай» прошли экспериментальную и промышленную эксплуатацию, что подтверждено 9 актами внедрения, и защищены патентами: (АСОУ "Урожай-зерно", Пат. №2008610400.РФ, АСОУ "Урожай-сахарная свекла", Пат.№ 2008610399.РФ).

АСОУ является типовой для отраслевых объектов «Элеватор» и «Сахарный завод» и представляет разумный компромисс универсальности и проблемного подхода к управлению уборкой-заготовкой урожая. Конструктивно АСОУ выполнена как автоматизированное рабочее место (АРМ) менеджера с интеллектуальным стандартным для MS Windows графическим пользовательским интерфейсом (GUI), модельными инструментами, функциями управления по результатам, построена в идеологии открытых систем, как модульная система и обеспечивает поддержку функций *лица принимающего решения* (ЛПР).

АСОУ предоставляет ЛПР возможность панорамного обзора совокупности планируемых на следующий период (день, смена, час) уборочных, погрузочных, транспортных, разгрузочных и приемных мероприятий по принципу "одного окна", а так же достаточную полноту видения картины *темпа* хода и *ритма* ведения уборки-заготовки урожая в следующем периоде (сутки, смена) под разными углами реализации работ (режимы).

Таким образом, в 3-й главе разработана методика численных расчетов (алгоритмы и структуры данных), обеспечивающая численные расчеты с применением математической модели, создан программный инструментальный АСОУ «Урожай», реализующий математическую модель и методику численных расчетов, т.е. решены задачи 3 и 4.

**В четвертой главе: «Методики внедрения, применения и оценки эффективности автоматизированной системы оперативного управления уборкой-заготовкой»,** разработаны соответствующие методики.

*Методика внедрения* АСОУ «Урожай» оформлена в виде раздела «Руководящих материалов» и предусматривает: создание Центра оперативного управления (ЦОУ), который является подразделением по внедрению АСОУ «Урожай»; проведение организационных мероприятий с руководителями участников уборки-заготовки; подготовку специалистов для работы с АСОУ «Урожай» с выдачей инструктивных и методических материалов.

*Методика применения* (промышленной эксплуатации) АСОУ «Урожай» является разделом «Руководящих материалов» и предусматривает единый и обязательный для всех участников порядок оперативного управления уборкой-заготовкой урожая. В ней определяются обязанности всех исполнителей по сбору информации о состоянии подсистем объекта управления и передаче документов плана для исполнения и контроля.

*Методика оценки экономической эффективности,* рассматривает различные источники экономической эффективности от применения АСОУ «Урожай» (таблица 2).

Таблица 2 – ИСТОЧНИКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АСОУ «УРОЖАЙ»

№	Наименование показателя	Значение
1	Сокращение расхода ГСМ за сезон заготовок	в 2-4 раза
2	Сокращение количества автотранспорта	в 1.5- 3 раза
3	Увеличение выработки на одну автомашину	в 2- 4 раза
4	Общее снижение затрат (достижимое) на 1 тонну	на 50-150 руб. (2-5 дол. /т)
5	Сокращение сроков уборки (дней): зерновые сахарная свекла	на 5 на 20
6	Повышение качества продукции	от 15%
7	Сокращения хищений	на 95%
8	Сокращение затрат Заготовителя по приему	на 25%
9	Сокращение затрат Сельхозпроизводителям	на 20%
10	Дополнительные доходы каждому Участнику	от 10%
11	Сокращения хранения на Пунктах погрузки: сах.свекла -зерно	до 0 - 6 часов
12	Снижение себестоимости продукции	не менее 5%

В методике обосновано, что годовая экономия определяется выражением:

$$\mathcal{E}_z = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I \mathcal{E}_{ij} \quad \text{руб} \quad (28)$$

где:  $i$  – вид продукции;  $j$  – тип Заготовителя;  $\mathcal{E}_z$  – годовая экономия от внедрения;  $\mathcal{E}_{ij}$  – годовая экономия по продукции;  $\mathcal{E}_{tr}$  – экономия от улучшения использования транспорта, руб;  $\mathcal{E}_{zn}$  – экономия от рационализации приемки-заготовки руб.;  $\mathcal{E}_{xh}$  – экономия за счет рационализации погрузки-заготовки руб.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{ij} = \mathcal{E}_{тр} + \mathcal{E}_{зн} + \mathcal{E}_{схл} \text{ руб} \quad (29)$$

В таблице 3 приведены обобщающие технико-экономические показатели АСОУ «Урожай» по результатам девяти промышленных эксплуатаций.

Таблица 3 – ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АСОУ «УРОЖАЙ»

№	Край (Область), район Сельхозпродукция. Объем - тыс.тонн.	Год. сокр. срока	Экон. Тыс. руб.	Кол-во Автомашин		Расход ГСМ (тонн)		Израсходов. тыс.руб.	
				До	После	До	После	До	После
1	Краснодар кр ст. Каневская Зерновые(пшеница) - 140	1983 3 дн	376	204	105	1437	593	647	271
2	Краснодар кр ст. Каневская Зерновые(пшеница) - 150	1984 4 дн	461	204	92	1437	392	647	186
3	Краснодар кр ст. Каневская Зерновые(пшеница) - 120	1985 5 дн	475	204	85	1437	362	647	172
4	Краснодар кр ст. Каневская Зерновые(пшеница) - 150	1986 5 дн	487	204	75	1437	329	647	160
5	Курская обл. пгт. Тим Сахарная свекла - 100	1986 10 дн	276	300	154	1106	431	471	195
6	Крас. Кр ст. Щербиновская Зерновые(пшеница) - 90	1987 5 дн	240	280	55	590	134	308	68
7	Респ.Адыгея ст. Гиагинская Зерновые(пшеница) - 50	1987 4 дн	174	210	90	472	162	294	120
8	Курская обл. пгт. Тим Сахарная свекла - 120	1987 21дн	378	300	97	1106	205	471	93
9	Краснод.кр. г.Славянск Зерновые (Рис) - 120	1988 5 дн	361	227	109	1583	641	719	358
Всего:		1040	3228	2133	862	10605	3249	4851	1623

Прямой экономический эффект по факту составил 3-5 руб/т (цены 1984г.), или 4,5-7,5 доллара США/т, или по текущему курсу 2010г. – 135-225руб/т. Таким образом, АСОУ «Урожай» практически обеспечивает участникам реализацию экономических намерений и производственных возможностей, а так же общее повышение эффективности уборки-заготовки за счет рационального использования ресурсов и снижения всех видов затрат.

*Методика оценки качества управления* уборкой-заготовкой урожая с применением АСОУ определяет критерии его качества и позволяет рассчитать количественную и качественную меры его организации. Оказание на объект информационных управляющих воздействий, т.е. по сути, сообщение информации объекту управления, приводит к повышению уровня его системности и возрастанию степени организованности, а соответственно, к уменьшению энтропии, «охлаждению» и выделению энергии. В нашем случае это выражается в форме экономии энергоносителей, в т.ч. ГСМ и денежных средств в процессе уборки-заготовки за счет их более рационального использования. Таким образом, количество информации, сообщенной объекту и количество энергии, выделившейся из него в результате повышения уровня его системности и степени организованности, *взаимосвязаны*. Путем обобщения данных девяти промышленных внедрений

АСОУ «Урожай» определены *количественные и качественная меры* этой взаимосвязи.

Количественные меры.

1). Коэффициент информационно-энергетической трансформации  $K_{иэ}$  ( $K_{кал}/K_{б}$ ) это отношение кол-ва энергии  $E$  ( $K_{кал}$ ) выделившейся из объекта управления к кол-ву информации сообщенной ему АСУ (выходная)  $V_{си}$  ( $K_{б}$ ) (где:  $K_{тс}$  – коэфф.теплотворной способности ГСМ ( $K_{кал}/m$ );  $P_{гсм}$  – количество сэкономленных ГСМ ( $m$ )):

$$иэ = E / V_{си} \quad (K_{кал}/K_{б}), \quad E = K_{тс} * P_{гсм} \quad (K_{кал}) \quad (30)$$

2). Коэффициент информационно-финансовой трансформации  $K_{ифт}$ , ( $Руб/Кб$ ) определяется как отношение стоимости  $\mathcal{E}$  ( $руб$ ) сэкономленных ГСМ к кол-ву информации  $V_{си}$  ( $Кб$ ) сообщаемое АСУ объекту управления (где:  $C_{гсм}$  – стоимость 1т ГСМ ( $руб/м$ )):

$$K_{ифт} = \mathcal{E} / V_{си} \quad (Руб/Кб) \quad \mathcal{E} = P_{гсм} * C_{гсм} \quad (Руб) \quad (31)$$

Качественная мера. Коэффициент генерации информации  $K_{ген}$  является отношением кол-ва информации сообщаемое АСУ объекту управления (выходная)  $V_{си}$  ( $Кб$ ) к кол-во информации, получаемое АСУ от него (входная)  $V_{пи}$  ( $Кб$ ):

$$K_{ген} = V_{си} / V_{пи} \quad (32)$$

Для АСОУ «Урожай»:  $K_{иэ}$  ( $K_{кал}/K_{б}$ ) = 2674,3;  $K_{ифт}$ , ( $Руб/Кб$ ) = 200;  $K_{ген}$  = 104.

Таким образом, в 4-й главе разработаны методика решения организационно-юридических, технических, кадровых и других вопросов, связанных с внедрением и применением на практике системы оперативного управления уборкой-заготовкой урожая на региональном уровне, методика оценки эффективности предлагаемых моделей и технологии и рекомендации по их внедрению и применению, т.е. решены задачи 5, 6 и 7.

**В заключении** отражены основные результаты, приводится их критический анализ, рассматриваются недостатки и перспективы предложенных математических моделей, программной реализации, методического обеспечения внедрения и эксплуатации АСОУ «Урожай», оценки экономической эффективности. В качестве *недостатка* отмечается, что математическая модель АСОУ «Урожай» не является оптимизационной. Как *перспективы развития метода* рассматривается расширение математического аппарата для решения задач на сложных протяженных транспортных сетях с промежуточными точками разгрузки и погрузки (склады, базы, порты, магазины). Направление развития метода: создание Комплексной системы повышения эффективности оперативного управления сложными системами на больших территориях; внедрение в другие отрасли; включение функции инструментальной навигации и мониторинга объекта управления (Глонас).

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Результатом выполненной работы является решение поставленных задач:

1. *Исследованы* экономические, организационные и производственные аспекты уборки-заготовки урожая на региональном уровне АПК, сформирована методическая база исследования.

2. Разработана математическая модель оперативного управления уборкой-заготовкой урожая на региональном уровне, гарантирующая её проведение по всему объему и видам продукции в оптимальные сроки, без простоев оборудования и техники, очередей автотранспорта и авралов на уборке, с минимальными затратами ГСМ, без потерь и с высоким качеством продукции в масштабе сырьевой зоны заготовителя и включающая детальное планирование всех операций. Данная модель включает четыре частных модели:

– *балансовую модель*, обеспечивающую увязку технических ресурсов участников и ликвидацию простоев оборудования и техники на этапах уборки-погрузки-перевозки-разгрузки-приемки, согласование объемов поставляемой и принимаемой продукции по номенклатуре, в том числе и при несовпадении объемов;

– *маршрутную модель*, позволяющую рассчитать мощности грузопотоков по номенклатуре продукции, сформировать сеть маршрутов для её перевозки и создать равные условия всем поставщикам независимо от расстояния до приемного пункта;

– *транспортную модель*, обеспечивающую назначение машин разных форм собственности (Автопарки производителей, централизованные АТП, частники) на маршруты и полный вывозом с пунктов погрузки всей определенной к приёму продукции без остатка.

– *временную (поминутную) модель*, обеспечивает формирование единого уборочно-заготовительного конвейера, поминутное распределение операций процесса уборки-отгрузки-перевозки-разгрузки-заготовки продукции на пунктах погрузки, приемки и маршрутах перевозки, минимизацию взаимовлияния автомашин при выполнении ими операций на маршрутах, пунктах погрузки и разгрузки.

Модель обеспечивает реализацию следующих функций: ежедневное проведение анализа и согласование возможностей технических ресурсов участников (мощностей для уборки-отгрузки, перевозки, разгрузки-заготовки ( $m/час$ )); балансирование производственных намерений участников (объёмов поставки-перевозки-приемки ( $m$ )); ежедневные расчёты увязанного по параметрам, уборочно-транспортно-заготовительного конвейера с разработкой документов плана для исполнителей; высокое быстроедействие; возможность проведения вариантных расчётов; полное соответствие современным требованиям к АСУ.

3. Разработана методика численных расчетов (алгоритмы и структуры данных), обеспечивающая численные расчеты с применением математической модели.

4. Создан программный инструментарий системы автоматизированной системы оперативного управления уборкой-заготовкой АСОУ «Урожай», реализующий предложенные математическую модель и методику численных расчетов.

5. Разработаны методики решения организационно-юридических, технических, кадровых и других вопросов, связанных с внедрением и применением на практике системы оперативного управления уборкой-заготовкой урожая на региональном уровне.

6. Разработана и применена методика оценки экономической эффективности предлагаемых моделей, технологий и АСОУ «Урожай».

7. Разработана и применена методика оценки качества оперативного управления уборкой-заготовкой урожая при применении АСУ (впервые).

Основным результатом работы являются разработанные математическая модель и программный инструментарий АСОУ «Урожай», а также экономический эффект, полученный за счет их промышленной эксплуатации в ходе девяти уборочно-заготовительных компаний в АПК Краснодарского края, Республики Адыгея и Курской области.

Подтвержденный актами внедрений только *прямой* экономический эффект от этих внедрений составил более 5 млн.долл., в ценах 2008г. – более 150 млн.руб.

**Предложение:** оснастить Элеваторы и Сахарные заводы Кубани АСОУ "Урожай".

Совместным совещанием департаментов экономики и сельского хозяйства администрации Краснодарского края (Протокол от 19.07.2007) инструментарий и методическое обеспечение АСОУ «Урожай» приняты к внедрению в АПК Краснодарского края для оснащения элеваторов и сахарных заводов Кубани с целью значительного снижения материальных и финансовых затрат Краевого бюджета и агроформирований на уборку и заготовку урожая, в первую очередь зерновых колосовых и сахарной свеклы.

## **Резюме**

Таким образом, инновационный проект: «Математические модели, инструментарий и методики совершенствования оперативного управления уборочно-заготовительными кампаниями в АПК» включает:

1. *Теоретическую концепцию* межотраслевого взаимодействия, положенную в основу проекта, обеспечивающую реалистичный учет и разумный баланс интересов всех участников процесса, что делает внедрение проекта не только возможным, но и целесообразным как с их точки зрения, так и с точки зрения достижения цели системы в целом.

2. *Математические модели*, реализующие теоретическую концепцию, корректны и обеспечивают решение имеющихся проблем оперативного управления уборкой-

заготовкой зерновых колосовых и сахарной свеклы на районном и межрайонном уровнях АПК.

3. *Методики сбора информации* для решения задачи оперативного управления, а также *методика численных расчетов* (алгоритмы и структуры данных), соответствуют математической модели и обеспечивают ее численное оперативное решение.

4. *Программное обеспечение*, реализующее методику численных расчетов в виде автоматизированной системы оперативного управления (АСОУ) «Урожай» для IBM-совместимых персональных компьютеров соответствует всем современным требованиям и защищено патентами Российской Федерации:

- АСОУ "Урожай-зерно", Пат. №2008610400.РФ;
- АСОУ "Урожай-сахсвекла", Пат. № 2008610399.РФ.

5. Программное обеспечение АСОУ «Урожай», а также методики его внедрения и эксплуатации, прошли успешную *апробацию* в реальных условиях уборочно-заготовительных кампаний на уборке зерновых колосовых, риса и сахарной свеклы в нескольких районах Краснодарского края, Курской области и Республики Адыгея, за счет чего получена прямая экономия более 150 миллионов рублей (в сопоставимых ценах), что подтверждено 9 актами внедрения.

6. Основные результаты диссертации опубликованы в 29 научных работах общим объемом (авторских) 70.0 п.л., в т.ч. в 1 одной монографии, 1 научной публикации в издании, рекомендуемом ВАК, программные разработки защищены 3 Свидетельствами РосПатента РФ.

Для реализации предлагаемого инновационного проекта необходимы юридические, организационные, финансовые, кадровые и технические решения регионального и районного руководства АПК, которые детально разработаны и успешно апробированы в реальных условиях автором проекта.

## ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ

1. Бакурадзе Л.А., Луценко Е.В. Математическая модель рациональной организации уборочно-заготовительных кампаний в АПК. Труды КубГАУ, №2 (11), 2008. С. 58-62. 0,28/0,31 п.л.

### Научные монографии и методические рекомендации

2. Бакурадзе Л.А., Луценко Е.В. Теория, технология и практика автоматизации оперативного управления уборочно-заготовительными кампаниями в АПК: Под науч. ред. д.т.н., проф. В.И.Лойко. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 550 с. 28,42/34,38 п.л.

3. Бакурадзе Л.А., Луценко Е.В., Самсонов Г.А.. Руководящие материалы по эксплуатации 1 очереди АПК (АИУС-АПК) с применением ПЭКВМ "Искра-226". – Курск: Тип. Курского облисполкома, 1986. – 109с. (ДСП). 5,00/6,81 п.л.

### Свидетельства РосПатента РФ

4. Пат. № 2008610399. РФ. Автоматизированная система оперативного управления уборочно-транспортно-заготовительными процессами в АПК в период уборки-заготовки урожая сахарной свеклы (АСОУ "Урожай-сахсвекла"). /Л.А.Бакурадзе (Россия); Заяв. № 2007614665. Оpubл. 21.01.2008. – 50с. 3,13 п.л.

5. Пат. № 2008610400.РФ. Автоматизированная система оперативного управления уборочно-транспортно-заготовительными процессами в АПК в период уборки-заготовки урожая зерновых (АСОУ "Урожай-зерно". /Л.А.Бакурадзе (Россия); Заяв. № 2007614666. Оpubл. 21.01.2008. – 50с. 3,13 п.л.

6. ИЛ о Научно-техническом достижении №87-11 – Краснодар: ЦНТИ. 1987. – 4 с. Бакурадзе Л.А. ППОС Дельта на базе микро-ЭВМ Искра-226. 0,25 п.л.



**Научные статьи и материалы научных конференций**

7. Бакурадзе Л.А., Самсонов Г.А. Автоматизация оперативного планирования работы предприятий РАПО в период уборки и вывоза урожая сельскохозяйственных культур: Статья (научное издание). – Москва: Э.И.ЦНИИТЭИ приборостроения, вып.14.1-16, Серия: "Приборное обеспечение АПК" 1985. –5 с. 0,28/0,32 п.л.
8. Бакурадзе Л.А. Автоматизация оперативного планирования и управления работой предприятий РАПО (постановка задачи): №2648-85 Деп., Деп.науч.работы – Москва: Ест.и точ.науки,техника.Ежем.библ.указ.ВИНИТИ №8(166),1985,№699.–13 с.0,81 п.л.
9. Бакурадзе Л.А., Луценко Е.В. Математическая модель и алгоритм решения задачи оперативного планирования и управления в условиях РАПО: №2650-85 Деп.: Деп.науч.работы-Москва: Естест. и точные науки, техника. Ежем.библ.указ.ВИНИТИ №8(166), 1985, №699. – 15 с. 0,82/0,94 п.л.
10. Бакурадзе Л.А. Программно-информационное обеспечение задачи оперативного планирования и управления в условиях РАПО (Система "План": №2649-85 Деп.: Деп.науч.работы-Москва: Естест. и точные науки, техника. Ежем.библ.указ.ВИНИТИ №8(166), 1985, №699. – 15 с. 0,94 п.л.
11. Бакурадзе Л.А., Самсонов Г.А. Автоматизированный оперативного планирования работы предприятий РАПО в период уборки и вывоза урожая сельхозкультур: Статья (научное издание).– Москва:Э.И.ЦНИИТЭИ приборостроения, вып.14. 1-16, Серия: "Приборное обеспечение АПК", 1985. –5 с. 0,28/0,31 п.л.
12. Бакурадзе Л.А. Математическая модель и алгоритм проектирования уборочно-транспортно-заготовительных процессов в АПК. Математические методы и информационно-технические средства: Труды III Всероссийской научно-практической конференции, 22.06.2007г. – Краснодар: Краснодарский университет МВД России, 2007, –138с. С.12-18. 0,44 п.л.
13. Бакурадзе Л.А. Проблемы организации управления уборочно-транспортно-заготовительными кампаниями / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – №02(26). – Шифр Информрегистра: 0420700012\0025. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2007/02/pdf/25.pdf>, 0,50 п.л.
14. Бакурадзе Л.А. Автоматизация оперативного управления уборочно-транспортно-заготовительным конвейером / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – №02(26). – Шифр Информрегистра: 0420700012\0041. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2007/02/pdf/19.pdf>, 1,19 п.л.
15. Бакурадзе Л.А. Интенсивная ресурсосберегающая технология уборочно-транспортно-заготовительных процессов в АПК / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – №03(27). – Шифр Информрегистра: 0420700012\0057. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2007/03/pdf/29.pdf>, 1,44 п.л.
16. Бакурадзе Л.А. Комплексная система деловой навигации компании / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – №04(28). – Шифр Информрегистра: 0420700012\0077. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2007/04/pdf/08.pdf>, 1,31 п.л.
17. Бакурадзе Л.А. Математическая модель и алгоритм навигации уборочно-заготовительных кампаний в АПК / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – №06(30). – Шифр Информрегистра: 0420700012\0110. – Реж. дост: <http://ej.kubagro.ru/2007/06/pdf/05.pdf>, 1,69 п.л.
18. Бакурадзе Л.А. Композитная математическая модель навигации уборки – заготовки урожая в АПК / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс].

- Краснодар: КубГАУ, 2007. – №09(33). – Шифр Информрегистра: 0420700012\0165. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2007/09/pdf/01.pdf>, 1,38 п.л.
19. Бакурадзе Л.А. Уборочно-заготовительные кампании в АПК РФ. Вопросы организации и ведения. Пути повышения эффективности / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – №10(34). – Шифр Информрегистра: 0420700012\0183. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2007/10/pdf/02.pdf>, 1,31 п.л.
20. Бакурадзе Л.А. Планово-экономические вопросы навигации уборочно-заготовительных кампаний / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №02(36). – Шифр Информрегистра: 0420800012\0022. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/02/pdf/07.pdf>, 1,88 п.л.
21. Бакурадзе Л.А. Механизм организационно-экономического взаимодействия агроформирований в период уборки - заготовки урожая / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №02(36). – Шифр Информрегистра: 0420800012\0023. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/02/pdf/06.pdf>, 2,88 п.л.
22. Бакурадзе Л.А. Навигация уборки - заготовки урожая. Пути повышения эффективности / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №05(39). – Шифр Информрегистра: 0420800012\0060. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/05/pdf/09.pdf>, 2,38 п.л.
23. Бакурадзе Л.А. Механизм межведомственного взаимодействия при уборке - заготовке урожая / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №05(39). – Шифр Информрегистра: 0420800012\0061. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/05/pdf/08.pdf>, 2,06 п.л.
24. Бакурадзе Л.А. Вопросы навигации уборочно-заготовительных кампаний в АПК (планово-экономический аспект) / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №05(39). – Шифр Информрегистра: 0420800012\0062. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/05/pdf/07.pdf>, 1,38 п.л.
25. Бакурадзе Л.А. Обзор зерновой и свеклосахарной отраслей АПК. Вопросы эффективности уборочно-заготовительных процессов в растениеводстве. Часть III / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №04(48). – Шифр Информрегистра: 0420900012\0042. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/04/pdf/06.pdf>, 1,63 п.л.
26. Бакурадзе Л.А. Обзор зерновой и свеклосахарной отраслей АПК. Вопросы эффективности уборочно-заготовительных процессов в растениеводстве. Часть II / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №04(48). – Шифр Информрегистра: 0420900012\0043. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/04/pdf/05.pdf>, 0,75 п.л.
27. Бакурадзе Л.А. Обзор зерновой и свеклосахарной отраслей АПК. Вопросы эффективности уборочно-заготовительных процессов в растениеводстве. Часть I / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №04(48). – Шифр Информрегистра: 0420900012\0044. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/04/pdf/04.pdf>, 1,94 п.л.
28. Бакурадзе Л.А. Математические модели, инструментарий и методики совершенствования оперативного управления уборочно-заготовительными компаниями в АПК, часть 1-я / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №01(55). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/01/pdf/02.pdf>, 1,06 п.л.

29. Бакурадзе Л.А. Математические модели, инструментарий и методики совершенствования оперативного управления уборочно-заготовительными компаниями в АПК, часть 2-я / Л.А. Бакурадзе // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №01(55). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/01/pdf/03.pdf>, 1,19 п.л.