

В.Н. Пряхин, М.А. Карапетян, Ю.А. Крюков

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Монография*



Москва 2021

УДК 631.171

ББК 40.70

П 85

**Рецензенты:**

доктор технических наук, профессор кафедры  
технической эксплуатации технологических машин  
и оборудования природообустройства

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

*В.А. Евграфов;*

доктор технических наук, профессор

Национального политехнического университета Армении

*М.Г. Стакян*

**Пряхин В.Н., Карапетян М.А. и др.**

П 85

Совершенствование технических средств и  
технологических процессов сельскохозяйственного  
производства: Монография / В.Н. Пряхин, М.А. Ка-  
рапетян, Ю.А. Крюков. – М.: Издательство «Спут-  
ник +», 2021. – 258 с.

ISBN 978-5-9973-5883-9

В монографии комплексно рассматриваются важнейшие вопросы в области сельского хозяйства: механизация и автоматизация с.-х. производства; оптимизация, надёжность и безопасность эколого-технологических процессов; применение систем массового обслуживания в промышленности и сельском хозяйстве; и др.

Монография может быть полезна научным работникам, специалистам и студентам, интересующимся новшествами в области механизации, автоматизации и роботизации производства.

УДК 631.171

ББК 40.70

Отпечатано с готового оригинал-макета.

ISBN 978-5-9973-5883-9

© Пряхин В.Н., Карапетян М.А.,  
Крюков Ю.А., 2021

## ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование технических средств (ТС) и технологических процессов (ТП) – это основа всего развития современного промышленного и с.-х. производства. При этом совершенствование технологии производства было и остаётся одним из решающих направлений единой технической политики, материальным базисом технической реконструкции народного хозяйства.

Совершенствование технологии производства, его интенсификация – это также создание и внедрение новых процессов, использующих менее дефицитное сырьё, вторичные топливно-сырьевые ресурсы, сокращение стадии переработки исходного сырья, создание малооперационных, малоотходных, безотходных ТП.

Переход технологии на качественно более высокий уровень создания принципиально новых ТС и ТП – это один из главных признаков происходящей НТР. С точки зрения долгосрочной перспективы это основной способ осуществления коренных сдвигов и эффективности производства и экономии ресурсов.

В последнее время развитие технологии идёт по пути комбинирования, под которым понимают соединение в едином комплексе нескольких различных ТП. Комбинирование обеспечивает наиболее полное использование сырья и отходов, уменьшает размеры капитальных вложений, улучшает экономические показатели производства.

При этом основой для создания комбинированных процессов могут служить:

- комплексное использование сырья;
- использование отходов производства;
- сочетание последовательных стадий обработки продукции;
- степень типизации и комбинирования, которая является важнейшим показателем технического и организационного уровня технологии.

# ГЛАВА 1 ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

## 1.1 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

Эффективное применение всех средств повышения плодородия почв возможно только при наличии в каждом хозяйстве научно обоснованной эколого-ландшафтной системы земледелия соответствующей рекомендациям мировой и российской сельскохозяйственной науки. Такие системы являются надёжным средством сохранения природных агроресурсов и обеспечения устойчивого земледелия. Они позволяют успешно решать задачи сохранения и воспроизводства почв, увеличения производства сельскохозяйственной продукции при сокращении затрат улучшения экологической обстановки.

С учётом опыта создания современной модели эколого-ландшафтной системы земледелия в Воронежской области Федеральной целевой программой повышения плодородия почв России было предусмотрено в качестве пилотного проекта освоение этой системы в хозяйствах Воронежской области. Соответствующие мероприятия и объёмы финансирования из федерального бюджета, бюджета области и внебюджетных источников отражены в региональной программе повышения плодородия почв и учтены в настоящей Программе. Предусматривается провести в плановом порядке внутрихозяйственное землеустройство с учётом внедрения, эколого-ландшафтной системы земледелия, изменения условий разработки севооборотов и структуры посевных площадей. Соответствующие работы будут проведены в 390 хозяйствах.

Важным звеном Программы являются схемы и проекты землеустройства, позволяющие учитывать конкретные условия землепользования, его почвенно-климатические ресурсы, ландшафт используемых земель и на этой основе дифференцированно определять по каждому хозяйству комплекс взаимосвязанных сбалансированных мероприятий. Проекты землеустройства предусматривают применение оптимального комплекса мероприятий с наиболее экономным и адаптированным к ландшафту расходованием ресурсов. Схемы и проекты землеустройства представляют собой механизм реализации региональных программ на уровне районов, землепользователей,

землевладельцев и собственников земли. Через указанные схемы и проекты обеспечивается внедрение сбалансированных эколого-ландшафтных систем земледелия, агролесомелиоративных, гидромелиоративных, культуртехнических и иных мероприятий, направленных на повышение и сохранение плодородия почв.

Особо важное значение приобретает землеустройство в условиях проведения земельной реформы, сопровождаемой большими объёмами перераспределения земли.

Весьма важным элементом проектов землеустройства на ландшафтной основе являются агротехнологии, соблюдение которых обеспечивает оптимальную окупаемость затрат. В то же время нарушение агротехнологии приводит не только к недобору урожаев сельскохозяйственных культур, но и способствует возникновению негативных экологических ситуаций.

Необходимо вводить почвозащитные севообороты и технологии возделывания сельскохозяйственных культур на основе минимизации обработки почв, внедрять её безотвальную обработку с учетом почвенно-климатических условий конкретных регионов, осваивать технологические приёмы снижения отрицательного воздействия на почву технических средств, приводящего к уплотнению и разрушению структуры почв, и обеспечить применение всего комплекса агрохимических приёмов.

### **Агрохимическое и эколого-токсикологическое обследование земель**

Проведение комплекса агротехнических, агрохимических, гидромелиоративных, фитосанитарных, противоэрозионных и культуртехнических мероприятий требует объективной и постоянно обновляемой информации о состоянии почвенного плодородия. Для оценки состояния и динамики агрохимических характеристик сельскохозяйственных угодий (пашни, многолетних насаждений, кормовых угодий, залежи) предусматривается проводить систематическое крупномасштабное агрохимическое обследование земель сельскохозяйственного назначения, которое является частью общего мониторинга состояния этих земель.

Основными задачами мониторинга состояния земель являются:

- своевременное выявление изменений состояния плодородия сельскохозяйственных угодий;

- оценка, прогноз и разработка рекомендаций по эффективному использованию земель сельскохозяйственного назначения, предупреждению и устранению последствий негативных процессов;
- информационное обеспечение земельного кадастра и государственного контроля почвенного плодородия и охраны земель.

Агрохимическое и эколого-токсикологическое обследование сельскохозяйственных угодий намечалось в следующих объемах:

2002 год	-	22 млн. гектаров;
2003 год	-	24 млн. гектаров;
2004 год		26 млн. гектаров;
2005 год	-	28 млн. гектаров;
Всего	-	100 млн. гектаров.

Результаты агрохимического обследования стали базой для разработки проектно-технологической документации и рекомендаций по применению минеральных и органических удобрений, химических мелиорантов.

Предполагается обеспечить 5-6-летний цикл агрохимического обследования пахотных земель, в том числе 3-5-летний цикл для орошаемой пашни.

### **Применение органических удобрений**

В настоящее время в среднем ежегодно в пахотных почвах минерализуется 64 млн. тонн гумуса, а восполняется только 27, дефицит составляет 37 млн. тонн. Только для его покрытия необходимо внести в почву при сложившейся структуре посевных площадей свыше 600 млн. тонн органических удобрений. В ряде регионов страны в структуре органических удобрений большое место вновь займет торф и сапропель. Применение торфа предусматривается в виде компостов.

Вид удобрения	Объем внесения всего (млн. тонн)	В том числе			
		2002 год	2003 год	2004 год	2005 год
Органические удобрения	660	120	145	190	205
Торф и сапропель	37	5	7	10	15

В ближайшей перспективе одним из реальных и экономически выгодных путей, обеспечивающих приостановление падения плодородия почв и увеличение производства сельскохозяйственной продукции, наряду с применением средств химизации станет интенсификация биологизации земледелия, которая предполагает помимо более полного использования всех ресурсов традиционных органических удобрений и биологического азота внедрение почвозащитных севооборотов, сидератов, запахку излишков соломы.

К 2005 году планируемые площади под сидератами составят 4 млн. гектаров, что обеспечит получение 90 млн. тонн зеленых удобрений. Кроме удобрительного назначения сидераты позволяют успешно бороться с эрозией и засолением почв, болезнями, вредителями и сорняками, получать экологически чистую продукцию, прежде всего для детского питания.

### **Известкование кислых почв**

Одним из важных показателей плодородия почв является степень их кислотности.

В настоящее время известкования требует около 40 млн. гектаров земель.

В первоочередном порядке предусматривалось проведение известкованием 8 млн. гектаров кислых почв, в том числе:

2002 год	-	800 тыс. гектаров;
2003 год	-	1400 тыс. гектаров;
2004 год	-	2300 тыс. гектаров;
2005 год	-	3500 тыс. гектаров

Основные объемы известкования намечалось выполнить в Нечерноземной зоне, Центрально-Черноземных областях на Дальнем Востоке.

Средние нормы внесения известковых удобрений в тоннах СаСО<sub>3</sub> на гектар рассчитаны с учётом агроэкологических особенностей почв, подлежащих известкованию, и составляют 5,3 тонны на гектар. На сильно кислых почвах - не менее 8 тонн на гектар. Для выполнения Программы потребуется 42,6 млн. тонн известковых удобрений (в действующем веществе).

Работы по известкованию проводятся только по проектам, разрабатываемым проектно-изыскательскими организациями государственной агрохимической службы.

### **Применение минеральных удобрений**

Потребность в минеральных удобрениях в несколько раз превышает то количество, которое применяется в настоящее время.

2002 год	-	2,5 млн. тонн в действующем веществе (д.в.);
2003 год	-	3,2 млн. тонн в д. в.;
2004 год	-	4 млн. тонн в д. в.;
2005 год	-	5 млн. тонн в д. в.;
Всего	-	14,7 млн. тонн в д. в.;

Однако в сложившихся экономических условиях сельское хозяйство пока не может выйти на оптимальные объемы. Предусматривается постепенный рост применения минеральных удобрений исходя из реальных финансовых и организационно-



технических возможностей. Объёмы применения минеральных удобрений предполагается увеличить в 2 раза. Примерный план на ряд предыдущих лет:

Минеральные удобрения вносятся при подкормке озимых культур, под посевы зерновых культур в форме аммофоса, нитроаммофоски, нитрофоски и азофоски и для подкормки озимых зерновых культур, а также под другие культуры, которые хорошо окупают затраты на их применение: лён-долгунец, сахарная свекла, подсолнечник, картофель и овощи.

Фосфорные и калийные удобрения под зерновые культуры предусматривается вносить на почвах с очень низким, низким и средним содержанием этих элементов. В целях экономии средств намечается переход от ежегодного к периодическому внесению таких удобрений с применением фосфоритной муки и хлористого калия.

Планируемые объёмы применения удобрений в комплексе с другими мероприятиями дадут возможность стабильно получать урожайность зерновых культур в среднем по стране до 14-15 центнеров с гектара и увеличить производство зерна и другой сельскохозяйственной продукции. Каждый килограмм действующего вещества (NPK) должен дать 4-6 килограммов прибавки зерна. Однако баланс азота и калия по-прежнему будет складываться со значительным превышением выноса над внесением.

### **Фосфоритование почв**

В первую очередь фосфоритованию подлежат почвы, имеющие низкую обеспеченность подвижным фосфором в сочетании с повышенной кислотностью. Площадь пашни, на которой необходимо провести фосфоритование, в ближайшей перспективе составляет 6,2 млн. гектаров, в том числе на 1,2 млн. гектаров пашни необходимо провести эти работы в первоочередном порядке для создания уравновешенного баланса фосфора.

Программа предусматривала и предусматривает увеличение объема работ по фосфоритованию почв.  
например:

2002 год	-	150 тыс. гектаров;
2003 год	-	230 тыс. гектаров;
2004 год	-	320 тыс. гектаров;
2005 год	-	500 тыс. гектаров;
Всего	-	1200 тыс. гектаров

Мощности действующих предприятий позволяют увеличить производство фосфоритной муки до 500 тыс. тонн в действующем веществе в год. Резервы для увеличения её производства имеются на предприятиях Брянской, Кировской, Московской и других областей.

### **Гипсование и мелиоративная обработка солонцовых земель**

Солонцовые земли занимают 27,7 млн. гектаров (14,8 процента) сельскохозяйственных угодий, в том числе пашни 12,4 млн. гектаров (11 процентов). По уровню засоленности, морфологическому строению они характеризуются большим разнообразием и требуют дифференцированных приёмов мелиорации. Важнейшими методами мелиорации солонцовых почв являются гипсование и мелиоративная обработка. Первоочередность выполнения работ определяется экономическими и экологическими критериями, предусматривающими наиболее высокую отдачу вложенных в мелиорацию средств, а также повышение экологической устойчивости всего агроландшафта, включающего мелиорируемые земли. К таким объектам относятся как орошаемые солонцовые, так и богарные земли, используемые для возделывания наиболее ценных сельскохозяйственных культур.

Минимальная площадь земель, на которых предусматривалось осуществить в 2002-2005 годах работы, составит: гипсование - 140 тыс. гектаров, мелиоративная обработка - 185 тыс. гектаров.

## **Объемы гипсования солонцовых почв и мелиоративной обработки, тыс. га**

Вид работ	2002 год	2003 год	2004 год	2005 год
Гипсование	15	25	40	60
Мелиоративная обработка	25	35	50	75

### **Реабилитация сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами вследствие чернобыльской катастрофы**

Необходимость проведения защитных мероприятий в районах Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей, наиболее пострадавших в результате чернобыльской катастрофы, будет сохраняться до 2050 года. Без проведения этих мероприятий получение сельскохозяйственной продукции, соответствующей санитарным нормам, невозможно.

В целях обеспечения производства кормов и продукции животноводства, отвечающих требованиям нормативов, необходимо проведение агрохимических мероприятий (внесение повышенных доз калийных удобрений, известкование и фосфоритование кислых почв) и коренное улучшение лугов и пастбищ, загрязнённых радионуклидами. Общая площадь угодий с плотностями загрязнения свыше 5 Ки/кв.км составляет 324,9 тыс. гектаров.

Внесение повышенных доз калийных удобрений обеспечивает снижение поступления радионуклидов в продукцию растениеводства до 2 раз. Ежегодно нуждаются во внесении повышенных доз калия 48,05 тыс. гектаров. Затраты на эти работы составляют до 12600 тыс. рублей в год.

Известкование и фосфоритование кислых почв позволяет снизить переход радионуклидов из почвы в продукцию растениеводства в 1,5 раза. Эффект от его проведения отмечается в течение 34 лет.

Ежегодно нуждаются в известковании и фосфоритовании 26,1 тыс. гектаров. Затраты составят 41700 тыс. рублей.

Коренное улучшение сенокосов и пастбищ является основным реабилитационным мероприятием и позволяет снизить переход радионуклидов из почвы в корма в 6-8 раз. Эффект от проведения соответствующих мероприятий отмечается в течение 10 лет. Планируется ежегодно проводить работы по коренному улучшению на площади 2500 гектаров. Затраты состав 12500 тыс. рублей в год.

## **1.2 ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА**

В сфере мониторинга и безопасности все большее распространение получают принципиально новые, волоконно-оптические датчики, лишенные ряда существенных недостатков, присущих электрическим аналогам. Вместо электрических токов такие датчики используют для своей работы оптический сигнал. Как и в случае электрических аналогов, принципы преобразования или генерации сигнала могут различаться, однако все типы волоконно-оптических датчиков обладают рядом неоспоримых преимуществ, среди которых можно выделить следующие:

- нечувствительность к электромагнитным полям;
- взрыво- и пожаробезопасность за счет отсутствия электрических токов;
- возможность удаленного контроля без использования дополнительных устройств преобразования и усиления сигнала;
- малый размер;
- химическая инертность;
- как правило, высокая чувствительность и точность измерения

Волоконный световод, который лежит в основе любого волоконно-оптического датчика, представляет собой кварцевую нить, структурированную по диаметру. В простейшем случае световод состоит из модифицированной кварцевой сердцевины с повышенным показателем преломления и светоотражающей оболочки из нелегированного кварцевого стекла. В зависимости от применения, сердцевина может быть легирована различными

элементами, такими как германий, азот, эрбий, олово и т.п. Благодаря таким добавкам сам световод и датчики на его основе приобретают определенные производственные и эксплуатационные свойства, такие как повышенная чувствительность к температуре, люминесцентные свойства, повышенная термическая стойкость и увеличенная фоточувствительность, технологически необходимая для создания ряда волоконно-оптических сенсорных элементов.

Все волоконно-оптические датчики можно условно разделить на два основных типа: распределенные и точечные. Распределенные датчики, используют свойства самого световода по всей его длине. Локализованное воздействие на любую часть чувствительного световода может быть зафиксировано по величине и местоположению. Именно такие датчики находят сейчас широкое применение для контроля протяженных трубопроводов.

Точечные датчики (рисунок 1.1a) представляют собой структурно модифицированный или скомбинированный участок волоконного световода и позволяют производить контроль параметров в определенной точке или локальной области объекта. Часто выделяют третий тип датчиков – квазираспределенные (рис.1.1c). Такие датчики состоят из массива точечных сенсорных элементов, объединенных одним световодом и одним устройством преобразования. В рассматриваемой системе типичным представителем квазираспределенных датчиков могут быть датчики деформации, объединяемые последовательно в единую волоконную линию (рис. 1.1b).

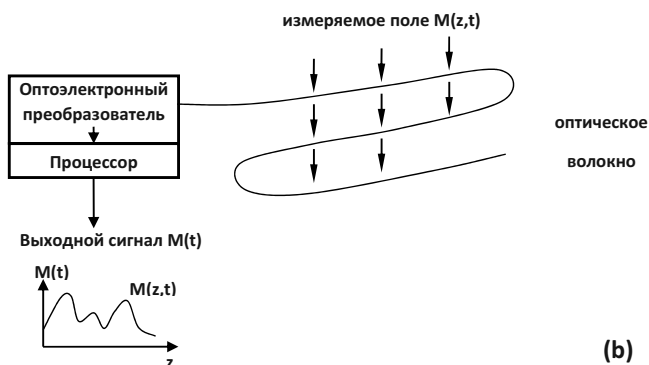
Подобные датчики, обладая всеми преимуществами точечных сенсоров, включая высокую точность измерения, позволяют осуществлять единовременный контроль в различных точках объекта или обеспечивать условно непрерывный мониторинг протяженных объектов.

По принципу действия волоконно-оптические датчики могут быть разделены на несколько основных типов: датчики на рассеянии, интерференционные, на основе внутриволоконных решеток.

Ниже приведены принципы действия различных волоконно-оптических датчиков и их применение для контроля объектов, в том числе подводных и надводных сооружений.

## Датчики на рассеянии

Именно этот тип датчиков, фактически, является синонимом термину «распределенные волоконные датчики». Принцип их действия основан на анализе сигнала обратного или прямого рассеяния в волокне. Во всех подобных системах используется короткий световой импульс, рассеяние от которого фиксируется приемной аппаратурой. По времени прихода и величине принятого сигнала можно определить величину и место воздействия на опорное волокно. Точность определения величины воздействия на волокно и его местоположение зависит от длительности импульса и точности определения амплитуды сигнала. Для повышения точности используют многократное усреднение по многим измерениям из-за чего время опроса может увеличиваться до нескольких минут. Как и в случае интерференционных датчиков, распределенные системы могут быть основаны на разных эффектах – рэлеевское и рамановское (комбинационное) рассеяние, рассеяние Манделъштама-Бриллюэна и т.п



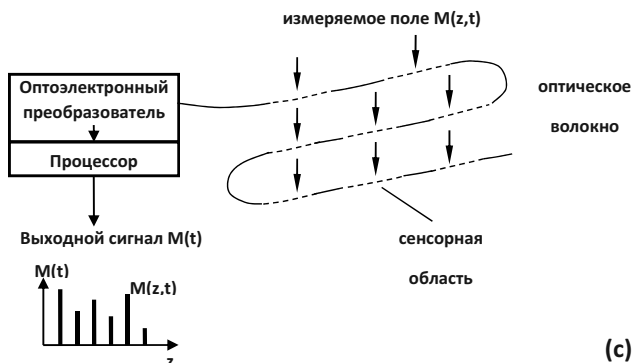


Рис.1.1 - Типы волоконно-оптических датчиков (а – точечные, б – распределенные, с – квазираспределенная система волоконно-оптических датчиков)

Наиболее простым вариантом датчика на рассеянии является система Рэлеевская рефлектометрия, основанная на анализе рассеяния на малых неоднородностях волокна. Подобные приборы используются в телекоммуникации для анализа параметров волоконной линии связи, а также поиска мест обрыва волокна. Работая в качестве распределенного датчика, система откликается на

Температурные и механические воздействия на волоконный световод.

Однако, точность подобных измерений не велика. Более интересными с точки зрения измерений являются системы на рамановском (комбинационном) и бриллюэновском рассеянии. В обоих случаях измеряется не рассеянный сигнал на длине волны излучения, а сдвинутые по частоте стоксовы и антистоксовы компоненты, зарождающиеся в первом случае натермических молекулярных колебаний, а во втором случае – на звуковой волне (рисунок 1.2).

Амплитуда антистоксовой компоненты рамановского излучения существенным образом зависит от температуры, тогда как стоксовая компонента практически не меняется. Именно по соотношению стоксовой и антистоксовой компонент и

определяется температурный эффект воздействия на участок волоконного световода. Однако механическое воздействие практически не влияет на рамановский эффект в световоде.

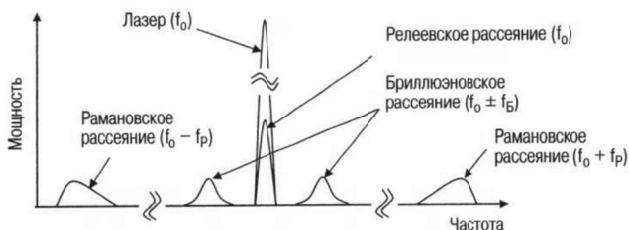


Рис. 1.2. Спектры рассеяния разных типов

Наиболее перспективным методом является бриллюэновская рефлектометрия. В отличие от рамановской, соотношение сигналов стоксовой и антистоксовой компоненты не меняется с изменением температуры или при наличии деформации. Однако меняется частотный сдвиг этих компонент. Любое воздействие (механическое или температурное) изменяет плотность вещества, а, следовательно, скорость звука в нем, от которой и зависит величина сдвига бриллюэновской частоты. Примечательной особенностью и важным преимуществом бриллюэновских датчиков является независимость результатов измерений от амплитуды сигнала, поскольку измеряется именно частотный сдвиг, что существенно повышает надежность получаемых данных. И, хотя сдвиг оптической частоты относительно мал (гигагерцовый диапазон), использование специальной аппаратуры позволяет производить измерения высокой точности.

Сенсорные системы подобного типа могут использоваться для измерения температуры, механических деформаций. Например, точность современных систем измерения температуры такого типа достигает нескольких десятых градуса, а определения местоположения воздействия – менее метра. При этом общая длина датчика может достигать нескольких десятков километров. Именно эти свойства делают его незаменимым для непрерывного мониторинга протяженных трубопроводов. Любая утечка нефти или газа из трубопровода изменяет температуру окружающего



материала трубопровода. Нагретая для транспортировки нефть дает повышение температуры в месте утечки. Современные алгоритмы анализа температурного распределения вдоль трубопровода позволяют однозначно идентифицировать утечку с высокой точностью. Помимо этого, механические деформации трубопровода могут быть также идентифицированы. Аналогов таким системам контроля нет. Сейчас именно волоконно-оптические датчики на рассеянии активно внедряются в нефтяной и газовой промышленности для контроля целостности нефтегазопроводов.

### **Интерференционные волоконно-оптические датчики**

Как следует из названия, такие датчики используют в своей основе оптоволоконные интерферометры. В основе работы интерферометров лежит известный эффект интерференции света, когда два световых сигнала, взаимодействуя между собой, усиливают или гасят друг друга. Эффект зависит от фазы пришедшего оптического сигнала, которая изменяется с изменением пройденного расстояния световым пучком, а именно, с изменением так называемого оптического пути.

Интерферометрические датчики основаны на анализе взаимодействия двух таких пучков, распространяющихся по одному или двум плечам интерферометра. Одно из «плеч» может являться эталонным с фиксированной пришедшей фазой светового пучка. Любое воздействие на второе приводит к изменению фазы второго пучка и, следовательно, сигнала на выходе. Принцип построения волоконных интерферометров схоже с их «объемными» аналогами – схемами, разработанными задолго до появления волоконного световода. Это могут быть схемы Фабри-Перо и Саньяка, или двухплечевые интерферометры Маха-Цандера, Майкельсона и т.п. (рисунок 1.3а). В качестве примера можно рассмотреть работу интерферометра Маха-Цандера (рисунок 1.3б), использующегося в современных оптических сейсмодатчиках.

Свет от когерентного (лазерного) источника подается на вход интерферометра («Light in»), далее, через оптический разветвитель поступает на два плеча интерферометра. Сигнал на выходе с помощью разветвителя суммируется и фиксируется фотоприемником («Light out»). При воздействии на одно из плеч

интерферометра меняется оптический путь проходимого по нему светового сигнала, что влияет на фазу света на выходе. Изменение фазы и фиксируется фотоприемником после взаимодействия световых пучков с разных плеч интерферометра.

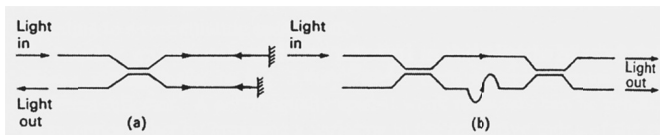


Рис. 1.3 Двуплечевой волоконный интерферометр (а – Майкельсона, b – Маха-Цандера)

Важной особенностью, и, одновременно существенным преимуществом таких датчиков является их чрезвычайно высокая чувствительность. Изменение фазы света может быть зафиксировано с высокой точностью, равной изменению оптического пути всего на  $10^{-9}$  м. Именно высокая чувствительность интерферометров наряду с большим динамическим диапазоном, делает их перспективными для применения в сейсмических донных станциях. Уже в настоящее время в мире ведутся активные работы по разработке нового поколения оптических сейсмодатчиков, приходящих на смену устаревшим электрическим аналогам, не удовлетворяющих по своим параметрам требования современной георазведки, непрерывного мониторинга гидро- и литосферы.

#### **Датчики на основе внутриволоконных решеток**

Датчики на решетках являются представителями точечных сенсоров, а, будучи легко объединенными в массивы, образуют квазираспределенную систему. В основе датчика лежит так называемая брэгговская или длиннопериодная решетка показателя преломления. Это как правило небольшой, 3-20 мм, участок волоконного световода, в сердцевине которого сформирована периодическая структура, представляющая собой чередование областей с большим и меньшим показателем преломления вдоль волокна. Период решетки определяет ее тип и принцип действия.

Брэгговская решетка имеет период, по порядку величины сопоставимый с длиной волны опорного сигнала датчика. Такая решетка обладает уникальным свойством отражать свет в узком спектральном диапазоне с максимумом на длине волны  $\lambda_B$ , определяемым по закону Брэгга:

$$\lambda_B = 2\Lambda n,$$

где  $\Lambda$  – период решетки, а  $n$  – усредненный показатель преломления световода для распространяющейся в нем моды. Типичный спектр пропускания брэгговской решетки показан на рисунке 1.4. Изменение температуры окружающей среды приводит, в основном, к изменению показателя преломления материала световода. Это, в свою очередь, отражается на изменении длины волны отражения. Для анализа сигнала с брэгговского датчика используется портативный узкополосный спектрометр.

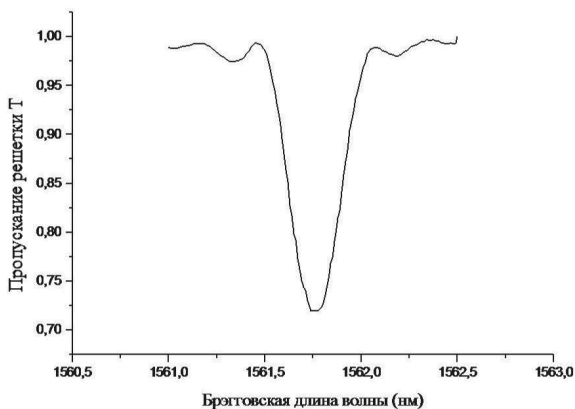


Рис. 1.4 - Типичный спектр пропускания брэгговской решетки

Приложение к решетке механических воздействий также приводит к изменению ее периода. Именно этот эффект лежит в основе оптических тензодатчиков, широко используемых для контроля состояния сложных инженерных сооружений. Одновременный контроль температуры позволяет учитывать температурные деформации объекта, повышая точность измерения. Кроме того, брэгговский датчик при необходимости, может быть оптимизирован для измерения давления и т.п. Брэгговские сенсоры, обладая всеми преимуществами волоконно-оптических датчиков,

имеют чрезвычайно малый вес и размер – всего 0.12 мм в диаметре и 3-5 мм в длину, высокую чувствительность и малую инертность показаний. Они могут быть установлены в труднодоступных местах.

Однако, как упоминалось выше, самым, примечательным свойством брэгговских датчиков является возможность их объединения в массивы с использованием всего одного подводящего световода и одного блока анализатора. Резонансная (брэгговская) длина волны является уникальным свойством датчика. Датчики с различными значениями этого параметра могут быть безболезненно объединены в последовательную цепь, получив на выходе многопиковый спектральный сигнал (рисунок 1.5). Таким образом, одновременно, с помощью всего одного одноканального прибора мы можем анализировать состояние до сотни датчиков. Это уникальное свойство брэгговских элементов дает существенное преимущество. Вместо использования тяжелых и негабаритных многожильных электрических кабелей достаточно протянуть всего один волоконный световод, соединяющий десятки датчиков с блоком анализатора.

Именно благодаря своим уникальным свойствам, все больше современных сенсорных систем мониторинга состояния конструкций основаны именно на волоконно-оптических брэгговских датчиках как наиболее перспективных, надежных и удобных элементах.

Отдельно следует сказать о новых возможностях в определении химического состава загрязнений, появившихся благодаря развитию рамановской спектроскопии.

Долгое время рамановская спектроскопия находилась на втором плане после инфракрасной спектроскопии, ввиду сложности снятия спектра комбинационного рассеяния и его обработки. С появлением лазеров, более доступных и чувствительных ССD матриц, голографических фильтров и применение фурье-преобразования в приборах положили начало возрождению рамановской спектроскопии как основного средства бесконтактного неразрушающего анализа веществ.

Сегодня, наиболее совершенные раман-спектрометры представляют собой единые модули с компьютерным управлением, оснащенные автоматической блокировкой лазера, имеют автоматические процедуры калибровки и широкий набор

спектральных библиотек. Эти преимущества делают процедуру получения и использования рамановских спектров рутинным процессом.

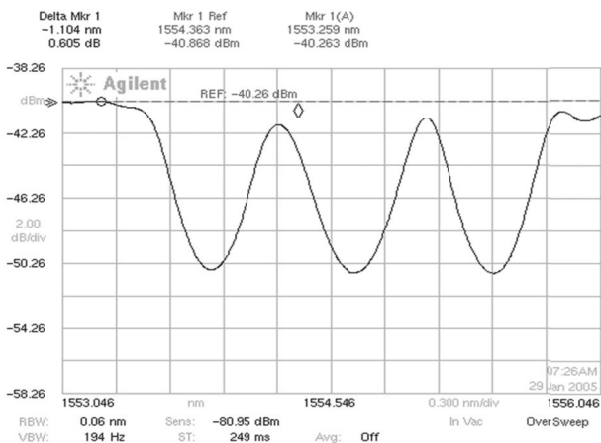


Рис. 1.5 - Спектр пропускания трех брэгговских решеток, записанных на разные длины волн.

В рамановской спектроскопии образец облучается монохроматическим светом (источником обычно является лазер). Как уже было отмечено выше (рис. 1.2) некоторое количество излучения, рассеянного образцом, примерно один фотон из миллиона (0.0001 %) – будет иметь частоту, смещенную по отношению к частоте исходного излучения лазера.

Спектры рамановского рассеяния (комбинационного рассеяния, или КР) чувствительны к природе химических связей – как в органических молекулах и полимерных материалах, так и в неорганических кристаллических решетках и кластерах. По этой причине каждое вещество обладает своим собственным, индивидуальным рамановским спектром, как бы «спектральным отпечатком пальца».

Основными преимуществами метода КР против традиционных методов химического анализа являются следующие:

- метод КР обеспечивает проведение контроля бесконтактным неразрушающим методом, т.е. для осуществления измерения исследуемый образец не повреждается;

- не требуется специальная подготовка образца;
- возможен анализ твердых материалов и жидкостей, в отдельных случаях – газов;
- благодаря внедрению современных методов обработки спектральных данных процесс анализа проходит практически мгновенно – от сотых и тысячных долей секунды;
- возможность удаленного бесконтактного анализа путем выносного модуля с использованием оптического волокна;
- возможность работы с водными растворами;
- возможность сканирования по глубине образца, прозрачного в выбранном диапазоне.

Поскольку рамановская спектроскопия обеспечивает проведение бесконтактных и удаленных измерений, и при этом полностью совместима с анализом водных образцов, данный метод оптимален для контроля состава:

- растворов и реакционных смесей;
- эмульсий;
- паст и суспензий;
- парогазовых смесей в реакторах и над твердыми веществами;
- сливных жидкостей, жидких отходов.

С учетом высокой чувствительности метода, узости линий в спектре и отсутствия требования разрушения исследуемого образца, метод комбинационного рассеяния является подходящим для построения систем идентификации веществ на его основе.

Таким образом, используя производственные и эксплуатационные преимущества волоконно-оптических сенсорных элементов, возможно создание непрерывного комплексного мониторинга природно-технических систем (ПТС), отличающегося большой оперативностью, информативностью и достоверностью выдаваемых параметров состояния ПТС, что, в свою очередь, обеспечивает корректное принятие управленческих решений для предупреждения чрезвычайных ситуаций природно-техногенного характера.

### **1.3 ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ЕСТЕСТВЕННЫЕ ФИТОЦЕНОЗЫ**

Исследованиями, проведенными нами в 2002-2011 гг., в поймах, на водосборах и террасах реки, Трубеж (Нечерноземная зона РФ, Ярославская обл., Владимирская обл.), выявлено, что в этих зонах

естественные кормовые угодья расположены, как правило, где возделывание полевых и овощных культур затруднено или связано с опасностью деградации почвенного покрова (водная эрозия, засоления, заболачивание, просадочные явления).

В результате 10-летних наблюдений выявлено, что усиление антропогенной нагрузки на естественные фитоценозы независимо от ее вида (интенсивность использования, пастьба, удобрения и орошение) ведет к их ухудшению. При этом выпадают, как правило, редкие и ценные виды: кровохлебка лекарственная, козлородник луговой, бобовые травы, колокольчик широколистный, валериана аптечная, купена лекарственная, купена многоцветковая, девясил британский, ландыш майский, спаржа лекарственная и другие виды. Под действием пастьбы особенно резко обедняются фитоценозы прирусловой и притеррасной поймы. Эти участки рекомендуется нами использовать только для сенокоса и организации флористических заповедников. Затопляемые центральные поймы и низинные сырые луга лучше также использовать для сенокоса, и только во второй половине лета по отаве при сухой погоде можно пасти скот. Следует отметить, что благополучие пойменных лугов формируется на террасах и водосборах, уничтожение древесно-кустарниковой растительности, распашка до склона террас приводит не только к эрозии почв, загрязнению рек, но и к очень высоким и длительным весенним паводкам, а также к летним затоплениям лугов после ливневых дождей. Всё это приводит к резкому обеднению флористического состава, выпреванию ценных трав, превращению злаковых и разнотравно-злаковых травостоев в осоковые и болота. При этом резко ухудшаются условия азотфиксации и увеличиваются потери азота, происходит деградация почвенного покрова, снижается окислительно-восстановительный потенциал почвы, увеличивается в последней содержание недоокисленных вредных соединений (табл.1.1-1.2). Летние паводки практически сводят на нет эффективность коренного и поверхностного улучшения. После длительного затопления (более 10 дней) приходится проводить перезалужение. К сожалению, такие явления мы наблюдали на пойме р. Трубеж с 2002г. практически каждые 4-5 лет (в июне-июле). При этом продолжительность летнего затопления была более 7 дней, что приводило к резкой деградации травостоев и превращению их в осоковые луга .

Поскольку естественные кормовые угодья расположены в землях с высокой эрозионной опасностью, то часто достаточно проезда транспортного средства, чтобы вызвать образование промоин и оврагов. Нами раскрыт механизм абразии берегов и террас и появления вымоин на поймах за счет усиления турбулентности потоков и механического воздействия льдин на почвогрунты. При этом показано, что улучшение лугов нужно проводить не сплошными массивами, а полосами, оставляя между последними естественную растительность.

Исследования показали, что при длительном затоплении в условиях Ярославской области коренное улучшение пойменного луга часто не удается и связано с опасностью засоления почвы и распространения дурнишника колючего. В этом случае наиболее надежным и простым способом преобразования злаково-разнотравного травостоя в высокопродуктивный злаковый луг является внесение удобрений и орошения, сочетающиеся с рациональной системой ухода (табл.1.1).

В южной части лесостепной зоны (пойма р.Трубеж Ярославская обл.) прекрасный результат обеспечивало поверхностное улучшение луга, в травостое которого содержание осок составляло 27%, щучки - 24%, бекмании обыкновенной - 8%, лисохвоста лугового и прочих злаков - 14%.

Таблица 1.1 Окислительно-восстановительные свойства почвы в пойме р. Трубеж в зависимости от срока затопления, модельный опыт, 2002г.

Показатель	Весна				Лето			
	Пред затоплением	После затопления, дн.			Перед затоплением	После затопления, дн.		
		1	7	14		1	7	14
Выделение CO <sub>2</sub> , мкл/г.ч.	1,47	0,89	1,72	4,60	5,23	1,45	1,66	5,10
Поглощение O <sub>2</sub> , мкл/г.ч.	1,33	0,34	1,50	4,82	6,05	0,42	0,88	4,99



CO <sub>2</sub> :O <sub>2</sub>	1,10	2,60	1,15	0,96	0,87	0,5	1,89	1,02
Fe <sup>3+</sup> мг/100 г	20,8	12,9	19,7	20,0	24,2	11,3	12,0	19,5
Fe <sup>2+</sup> мг/100 г	9,9	16,8	10,0	8,8	6,9	18,5	17,0	10,3
ОВ – потенциал, Eh, мВ	400	300	250	390	420	240	350	400

Исследования, проведенные на пойменных лугах, показали, что коренное улучшение луга центральной поймы обязательно должно сопровождаться применением удобрений. Эффективность поверхностного улучшения также возрастает при внесении НРК. Как показали наши исследования, в затопляемой пойме в основную часть туков без орошения следует вносить под первый (65-70%) и во втором укосе (25-30 %); при орошении – под 1-3 отрастание по 30 % годовой нормы азота, а под 4-й – 10-15 %. В условиях лесолуговой зоны без орошения все 100% следует вносить под 1-й укос, так как удобрения, внесенные в больших количествах летом, плохо усваиваются травостоем и вымываются при последующем весеннем паводке.

Следует, однако, отметить, что внесение удобрений на затопляемой пойме трудно провести вовремя с помощью машин, особенно в южных регионах, так как травостой начинает бурное отрастание еще до высыхания почвы.

Поэтому для получения 2-4-х укосов удобрение следует сочетать с орошением. В условиях пойм, особенно узких, наиболее эффективное и экологически безопасное орошение можно провести быстросборными комплектами на базе разработанных нами дождевальными шлейфов, насосных станций и водорегулирующей арматуры или дождевальных агрегатов с использованием гибких капроновых трубопроводов и ДДН-70/ ДДН-100/.

Считаем нужным указать следующие экологические ограничения: необходимо сохранять верховые болота и переувлажненные земли, где формируются истоки ручьев и рек; нецелесообразно повышать продуктивность узких притеррасных, надтеррасных и прирусловых угодий, особенно, если они заняты древесно-кустарниковой растительностью. Следует учитывать изменения всех факторов не

только там, где проводятся агрономелиоративные мероприятия, но и на соседних массивах.

Эффективность удобрения естественных лугов определяется зональными особенностями их формирования. Так, в степной зоне в условиях опасности засоления и подщелачивания почв применение фосфорных и азотных удобрений (суперфосфата, аммиачной селитры, сульфата аммония) ведет к снижению опасности засоления, резкому увеличению густоты стояния травостоя и практически не оказывает отрицательного влияния на биологическую азотфиксацию, вернее, на баланс азота в системе «удобрение-почва-урожай». В данном случае удобрения обладают и мелиорирующим эффектом. Однако, при внесении под укос более 60 кг/га минерального азота имеет место «расшатывание» органического комплекса почвы. В гумусе уменьшается соотношение C : N, а это ведет к вымыванию и денитрификации азота при паводках.

В условиях лесолуговой зоны даже при оптимальном соотношении N : P : K, применение высоких доз удобрений, выпускаемых в нашей стране, как правило, в кислой форме, уже на третий год приводит к резкому увеличению в травостое щавеля конского, пырея ползучего, а на тяжелых почвах – щучки дернистой, при этом ежа сборная образует своеобразные кочки, между которыми нет растительности. Одновременно резко ухудшаются биологические и агрохимические свойства почвы, орошения и внесение высоких доз удобрений как бы ускоряет переход луга с молодой корневищевой и рыхлокустовой стадии к плотнокустовой. При этом из азотных удобрений предпочтительнее вносить нитратные формы в виде  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ;  $\text{NaNO}_3$ ;  $\text{KNO}_3$  или  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  хуже действует  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и еще хуже  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Результаты 10-летнего опыта, проведенного в Ярославской области на дерново-подзолистом суглинке, частично представлены в таблице 3.

В целом мы считаем, что высокая и стабильная урожайность затопляемых пойменных и низинных лугов обеспечивается не столько орошением, внесением удобрений и т.д., сколько рациональным использованием травостоя. Эти луга достаточно получают и влаги, и питательных веществ в виде стока с водоразделов и водосборов. Столетиями эти луга обеспечивали высокую урожайность без антропогенной подпитки

продукционного процесса. Однако в настоящее время большая часть пойменных и низинных лугов из-за нерационального их использования требует для своего восстановления значительных затрат.

Длительные наблюдения за естественными угодьями показывали, что после снижения антропогенной нагрузки на фитоценозы, происходит их демутация, восстановление полночленности. Снова появляются редкие виды растений. В целом изменения ботанического состава при отсутствии кризисных явлений носит синусоидальный характер.

Таблица 1.2 Устойчивость многолетних трав к весеннему затоплению в сутках

травы	Температура воды при весеннем затоплении		Летнее затопление вегетирующих растений +17-22 <sup>0</sup> С	
	0...5 <sup>0</sup> С	5-10 <sup>0</sup> С	Без удобрений	N <sub>66</sub>
Бекмания обыкновенная	90-112	31-46	6-10	3-5
Двукосточник тростниковый	60-65	21-25	5-8	3-5
Ежа сборная	10-16	4-8	2-3	1-3
Кострец безостый	45-68	20-30	5-8	2-4
Лисохвост луговой	60-65	27-32	6-10	3-5
Овсяница луговая	30-35	15-20	2-3	2-3
Полевица белая	43-48	20-24	5-6	3-4
Пырей ползучий	79-84	27-30	12-15	8-10
Райграс высокий	5-8	2-4	2-3	-
Тимофеевка луговая	39-47	15-22	4-5	2
Клевер луговой	22-34	11-16	1-2	-
Клевер гибридный	39-44	14-16	2-4	-
Клевер ползучий	39-42	10-16	1-3	-

Ледвянец рогатый	25-38	Не опр.	-	-
Мышиный горошек	48-56	22-30	Не опр.	-

Нами предложена система мозаичного улучшения естественных сенокосов, которая особенно эффективна на поймах и на эрозионно-опасных участках. Кроме этого нами предложена система борьбы с сорняками на лугах, которая заключается в том, что до их обсеменения проводится стравливания травостоя, после которого на оставшиеся ядовитые и сорные растения с помощью ленты-фитиля наносят гербицид (утал и раундап, 2,4Д-аминная соль). В этом случае расход пестицида уменьшается с 2-7 кг/га до 0,1-0,2 кг/га. Такое устройство позволяет очень эффективно обрабатывать пестицидами междурядья любых сельскохозяйственных культур.

Кроме того, нами предложена система обогащения травостоев ценными дикорастущими видами. Она заключается в том, что улучшаемый травостой скашивается, проводится частичное разрушение дернины. Затем осуществляется подсев дикорастущих трав с последующим дискованием или боронованием тяжелой обороной. При этом для подсева применяется устройство, выполненное в виде сетчатого ребристого барабана с «бильным» грузом. В барабан помещаются выделенные растения дикорастущих видов. В барабане происходит обмолот последних, семена высеваются через отверстия в нем.

Таблица 1.3 Действие известкования и семилетнего применения удобрений на среднюю продуктивность травостоев и свойства дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (Ярославская обл., 2002-2010 гг., в числителе – без извести, в знаменателе – с известью, слой почвы 0-20 см)

Показатели	Естественный травостой				Травостой после коренного улучшения			
	О	РК	PKN <sub>1a</sub> a	PKN <sub>1a</sub> 1a	О	РК	PKN <sub>1aa</sub> 1aa	PKN <sub>2a</sub> 2a
Средний сбор сухого вещества, т/га (НСР <sub>05</sub> – 0,162 и 0,12)	1,94 2,09	2,30 -	3,91 4,18	3,56 4,03	2,26 2,47	2,64 -	4,67 4,97	5,10 5,45

Подземная воздушно-сухая масса в слое 0- 30 см, т/га	6,02 6,32	6,41 -	6,88 6,94	6,61 6,63	6,45 6,94	6,95 -	7,80 8,11	8,06 8,37
% массы в слое 0,30 см	76,7 75,0	78,6 -	82,6 82,4	86,0 84,4	52,2 63,6	63,9	65,9 65,6	70,6 69,4
Свойства почвы								
Недоокисленные вещества (01 н KN <sub>n</sub> O <sub>4</sub> за сутки, мг.экв/100 г) в 1982 г.	70,2 60,2	65,2 -	82,3 64,4	84,1 72,1	50,2 45,6	49,2 -	68,4 55,2	74,1 60,2
ОВ – потенциал	500 115	510 -	440 500	490 505	550 565	550 -	520 530	500 520
Количество микроорганизмо в, тыс/г	2500 2850	2750 -	2800 2950	2450 2800	2850 3010	299 0 -	3400 3590	281 0 310 5
Выделение CO <sub>2</sub> мкл/г.ч.	3,25 3,38	3,30 -	3,46 3,30	3,00 3,30	3,76 3,98	3,84 -	4,06 4,27	3,61 3,80
Поглощение O <sub>2</sub>	3,60 4,09	3,75 -	3,26 3,90	2,75 3,18	4,42 4,96	4,6 -	4,10 4,74	3,34 3,79
CO <sub>2</sub> :O <sub>2</sub>	0,90 0,83	0,88 -	1,06 0,92	1,09 1,04	0,85 0,80	0,8 -	0,99 0,90	1,08 1,00
Гумус, %	1,68 1,69	1,72 -	1,74 -	1,70 1,72	1,69 -	1,7 -	1,76 1,82	1,70 1,75
Нг мг.экв/100 г	1,14 0,87	1,00 -	1,41 1,21	1,68 1,32	1,13 0,85	0,9 -	1,34 1,14	1,60 1,35
pH	5,85 6,00	5,90 -	5,42 5,84	5,05 5,55	5,90 6,15	5,9 -	5,60 6,05	5,10 6,65

Динамика N, P, K, Ca, Mg приведена в других работах РК –

P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>; N<sub>1aa</sub> – 85+34 в виде NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>; N<sub>1a</sub> то же в виде

(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>N<sub>2aa</sub> – 120+60; кг/га N(NH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Для усиления инвазии подсеваемых видов в фитоценоз, уменьшения конкурентоспособности старого травостоя, после подсева скашивание производят в фазу кушения – выхода в трубку. В целом следует отметить очень слабое материально-техническое обеспечение лугового хозяйства. Поэтому часто приходится в хозяйствах изготавливать приспособления для улучшения сенокосов и пастбищ. Нами предложены очень эффективные

экологические безвредные средства не только по орошению, обработке почвы, но также по огораживанию загонов.

#### **1.4 ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ**

Действие различных природных и антропогенных факторов на формирование биохимического состава растений, а также взаимосвязь его с устойчивостью последних к неблагоприятным условиям/ стрессам/ наиболее подробно нами показаны в наших работах.

В результате многолетних исследований установлены следующие закономерности. Во-первых, оводненность растений, а также концентрация в их сухом веществе биологически активных веществ/ каротина, витаминов Е, С, РР, дубильно-красящих соединений, флавоноидов, терпеноидов, строидов, других эфирных масел, незаменимых аминокислот/, сырого белка, липидов, простых углеводов, достигая максимума, при старении растительных тканей уменьшается. При этом возрастает концентрация сырой клетчатки и ее лигнинизация/одревеснение/, усиливается образование непереваримых меланинов и меланоидов, образующихся в результате окисления и взаимодействия аминокислот, белков, простых углеводов и фенольных соединений./ Во-вторых, старение /созревание/ растений и изменение их биохимического состава ускоряются при воздействии на них стресс-факторов: УФ-лучи, резкий перепад суточных температур, заморозки, слишком высокие температуры воздуха, дефицит влаги, механические повреждения, повышенное содержание в окружающей атмосфере ацетилена, этилена, паров эфиров, спиртов, кислот, кислорода, особенно азота и серы, сероводорода, хлора, брома. Сам процесс старения мы связываем с разрушением клеточных мембран, прежде всего его липидной части и образованием перекисей жиров, которое при расходовании антиоксидантов/ витаминов А,Е,С, антоцианов и др./ приобретает цепной характер. В-третьих, в качестве защитной или ответной реакции на неблагоприятные условия произрастания в растительных тканях усиливается синтез тех или иных веществ.

Исследованиями, часть которых проведена совместно с О.Л. Янишевской установлено, что по сравнению с растениями, полученными в относительно мягком климате Европейской части России, в тканях растений, произраставших в Ярославской и Владимирской области, при резких колебаниях температуры воздуха, высокой вероятности засухи, весенних и осенних заморозков, повышенной солнечной активности в области УФ-лучей наблюдается большая концентрация фенольных, непредельных, циклических и гетероциклических соединений/антоцианов, флавоноидов, терпеноидов, эфирных масел/, незаменимых аминокислот, низкомолекулярных органических кислот, сложных углеводов/ пектинов, инулина, гемицеллюзы/, причем гидролиз последних и синтез простых углеводов сдвигается в сторону образования моносахаров, преимущественно плохокристал-лизующихся, наиболее физиологически активных кетоз, в частности фруктозы. Эти неблагоприятные факторы способствуют относительному усилению синтеза указанных веществ, что объясняется защитной физиологической ролью последних (табл. 1.4-1.5). При чем эти различия в формировании биохимического состава определяются не только условиями произрастания, но и генофондом популяции. Те популяции и сорта, которые сформированы в резкоконтинентальном климате, даже при возделывании их в более мягком климате Ярославской области, сохраняли способность к накоплению в наземной и подземной массе более высоких количеств «защитных» веществ.

Нами впервые проведено сравнительное изучение естественных популяций и разных сортов желтой /серповидной/ и синей/посевной/ люцерны по содержанию нитратов, аминокислот, сырого протеина, произраставших в Московской, Владимирской и Ярославской областях.

Отмечено, что аминокислотный состав сырого протеина, содержание его отдельных аминокислот в сухом веществе зависит в первую очередь от условий произрастания, а затем уже от генетических особенностей вида и сорта люцерны. Наибольшее содержание в сыром протеине триптофана, серосодержащих, ароматических и незаменимых аминокислот наблюдается у желтой люцерны, а также у сортов и популяций, сформированных в резкоконтинентальном климате. С увеличением континентальности

и засушливости климата и при переходе от лесолуговой зоны к лесостепной и степной, концентрация в сыром протеине люцерны незаменимых аминокислот особенно содержащих в своем составе серу и ароматическое кольцо повышается. Это объясняется улучшением обеспеченности сульфитами и условиями их восстановления, а также ролью данных аминокислот в формировании устойчивости к неблагоприятным условиям. При недостатке тепла и влаги, высокой кислотности почвы, когда ухудшаются условия фотосинтеза и образования АТФ, замедляется восстановление сульфатов и образование цистита и метионина. В таких же условиях снижается скорость восстановления нитратов и азотфиксации.

В условиях недостаточной аэрации на почвах с преобладанием восстановительных процессов и высоким содержанием восстановленных форм азотистых соединений и других элементов питания в течение длительного периода формируются популяции растений, у которых понижена активность редуктаз, а способность потреблять восстановление формы питательных веществ выражена ярко. И наоборот, в местах, где почвы хорошо аэрируются и обладают высоким ОВ-потенциалом, формируются популяции растений с повышенной активностью редуктаз, однако последняя зависит в сильной степени от внешних факторов.

В своих исследованиях мы пришли к выводу, что зимостойкость растений формируется не только за счет углеводного обмена и образования фруктозы в системе «олигосахара, моносахара», но и за счет накопления фенольных соединений. При этом указанные вещества лучше всего накапливаются, когда ночные пониженные температуры сочетаются с солнечной погодой днем. В условиях резкоконтинентального климата Нечерноземной зоны РФ отмечается очень низкая способность трав к осеннему кущению при очень высоком содержании фенольных соединений (табл. 1.4). В Нечерноземной зоне осеннее кущение также выражено слабо и приходится на поздние сроки.

Исследования показали, что концентрация фенольных соединений, углеводов в корневищах, узлах кущения и в наземной массе снижается при внесении азотных удобрений, улучшении влагообеспеченности, а также в результате смены заморозков оттепелями. Это особенно четко проявляется у менее устойчивых к неблагоприятным условиям видов и сорта.



В приведенных ниже работах объяснен механизм адаптивного синтеза органических соединений веществ, а также гидролиза сложных углеводов с образованием фруктозы, в том числе на основе протонного цикла П. Митчелла и теории образования электрического потенциала, образующегося на внутренних мембранах клетки и трансформирующегося в другие виды энергии /Скулачев В.П., 1995

Таблица 1.4 Содержание фенольных соединений в подземной массе многолетних трав в зависимости от условий произрастания /% от абс. сух. в-ва/

Место отбора образцов /кол-во образцов/ в каждом образце 120 раст.	Пырей ползучий	Кострец безостый	Тим. луговая	Овсяница луговая	Ежа сборная
Ярославская обл., г. Переславль, р.Трубеж 2008-2011 гг.	<u>6,94</u> 6,38	<u>4,51</u> 4,10	<u>2,45</u> 3,14	<u>3,42</u> 3,16	-
Московская обл., 2007-2011гг.	5,32	3,43	2,95	2,96	2,96
Владимирская обл., с. Высокое, р. Турбеж 2008-2011 гг.	<u>6,14</u> 5,76	<u>3,69</u> 3,01	<u>3,02</u> 2,80	<u>2,90</u> 2,63	<u>2,99</u> 2,61

Следует добавить, что многие из указанных веществ являются не только прекрасными антифризами или хорошими адсорбентами свободной влаги, предотвращая тем самым образование льда в межклеточниках и вакуолях, или их иссушение, но регуляторами биоэнергетических процессов. Более того, многие из них, инкрустируя клеточные оболочки, придают им гидрофобность или, являясь антиоксидантами, сохраняют мембраны. Вероятно, что все это все способствует тому, что вода в клетки ассимилирующего

аппарата поступает не в форме «тяжей и капель», а в виде отдельных или небольших ассоциаций молекул/в виде пара/, которые конденсируются на гидрофильных молекулах. При этом выделяется энергия, используемая тканями в физиологических и биохимических процессах. Избыток воды передается другим от клетки к клетке в виде «пара», так и в результате выравнивания «насыщенности» ею гидрофильных молекул и структур цитоплазмы.

В целом следует отметить, что одно и то же вещество обеспечивает приспособление тканей к разным стресс-факторам, в результате происходит дублирование систем надежности. Таким же образом должен строить свою деятельность и человек.

Таблица 1.5 Влияние удобрений на содержание запасных углеводов /% сухого вещества/ в подземной массе многолетних трав/ Ярославская обл., % - без удобрений/

Травы	Моносахара			Диасахара			Инулин			Гемицеллюлоза		
	0	PK	NPК	0	PK	NPК	0	PK	NPК	0	PK	NPК
<u>Пырей ползучий</u>	<u>1,2</u>	<u>1,4</u>	<u>1,3</u>	<u>12,4</u>	<u>13,0</u>	<u>12,6</u>	<u>12,7</u>	<u>13,0</u>	<u>13,0</u>	<u>19,6</u>	<u>19,8</u>	<u>18,5</u>
<u>Кострец безостый</u>	<u>1,8</u>	<u>1,4</u>	<u>1,2</u>	<u>13,6</u>	<u>13,9</u>	<u>12,0</u>	<u>12,6</u>	<u>12,7</u>	<u>11,8</u>	<u>19,2</u>	<u>19,3</u>	<u>18,0</u>
<u>Тимо феевка луговая</u>	<u>1,3</u>	<u>1,3</u>	<u>1,3</u>	<u>13,0</u>	<u>13,6</u>	<u>12,7</u>	<u>12,7</u>	<u>12,7</u>	<u>11,9</u>	<u>18,5</u>	<u>18,9</u>	<u>18,0</u>
<u>Ежа сборная</u>	<u>1,4</u>	<u>1,5</u>	<u>1,3</u>	<u>12,7</u>	<u>13,8</u>	<u>10,2</u>	<u>10,6</u>	<u>11,9</u>	<u>9,3</u>	<u>18,9</u>	<u>18,9</u>	<u>16,2</u>

## **1.5. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ ЛЕСОПОЖАРНЫХ СИТУАЦИЙ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ**

Анализ мероприятий по предупреждению и ликвидации лесоторфяных пожаров в субъектах Российской Федерации летом 2010 г., проведенный в, показал недостаточную адекватность планов предупреждения и ликвидации лесных пожаров в связи с недостоверностью методик прогнозирования и оценки обстановки, отсутствием нормативов выполнения работ и методик расчета требуемых сил и средств.

В последнее время для анализа опасности чрезвычайных ситуаций как техногенного, так и природного характера начинает применяться методология оценки риска, которая позволяет всесторонне оценивать меру опасности ЧС в течение определенного периода времени.

В работе Долгова А.А. предложено ввести понятие лесопожарных рисков для лесных территорий и методологию их оценки. Под лесопожарными рисками понимается мера опасности, характеризующая вероятность возникновения лесного пожара на определенной территории, покрытой лесной растительностью, особенности его развития и тяжесть последствий этого пожара (экономические, экологические, социальные).

При оценке последствий лесных пожаров учитываются, прежде всего, масштабы прямого ущерба: непосредственная угроза жизни людей, объектам техносферы, природным объектам, находящимся в зоне пожара, ценность и объемы поврежденной древесины, угроза сохранению биоразнообразия. В то же время, косвенный ущерб от пожара, обусловленный ухудшением состояния здоровья населения, вызванного длительной задымленностью, и снижающий эффективность деятельности всех отраслей промышленности, может оказаться больше по своей величине и значимости.

В результате лесоторфяных пожаров 2010 года в Москве и области концентрация оксидов углерода и азота превышала ПДКс.с. Концентрация оксида углерода в воздухе Москвы превышала норму в 6,6 раза. В июле – августе 2010 года в столице вдвое выросла смертность.

В последние годы в России появились публикации, которые позволяют, в частности, получать количественные характеристики

ущерба здоровью от воздействия вредных факторов среды обитания человека.

Нормативный документ позволяет делать количественную оценку роста заболеваемости и смертности населения от всех причин, кроме случайных, в результате загрязнения окружающей среды, в том числе и при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера. Однако в нем не приводится методология экономической оценки ущербов здоровью населения.

Российское научное общество анализа риска распространило Декларацию об оценке стоимости среднестатистической жизни человека. В своей Декларации Общество заявляет о необходимости введения экономических нормативов стоимости среднестатистической жизни человека – экономического параметра, регулирующего уровень риска в области приемлемых значений. Согласно Декларации, возможный диапазон значений стоимостной оценки среднестатистической жизни россиян составляет 7 - 10 млн. руб.

В работе Онищенко Г.Г. показано, что экономическая оценка смертности сильно превышает ущерб от заболеваемости. Основной вклад (~ 99%) в экономический ущерб общества от потери здоровья населением в результате загрязнения воздуха дает смертность, а не заболеваемость населения.

Проведенные исследования показали, что взвешенные частицы вносят самый большой вклад в общий риск для здоровья, обусловленный загрязнением воздуха.

В работах Онищенко Г.Г. с соавторами было предложено рассчитывать увеличение среднесуточной смертности от всех причин, кроме случайных смертей, на 0.5% при возрастании среднесуточной концентрации  $PM_{10}$  на каждые  $10 \text{ мкг/м}^3$ .

Эпидемиологические исследования, проведенные в Западной Европе, показали, что статистическая связь смертности с уровнями концентрации частиц с размерами в  $2.5 \text{ мкм}$  ( $PM_{2.5}$ ) и меньше гораздо сильнее, чем с уровнями концентрации частиц  $PM_{10}$  или TSP (среднегодовая концентрация взвешенных веществ).

Известно, что конденсированные продукты горения лесных материалов представлены частицами сажи и золы. Распределение частиц дыма по размерам для реального низового лесного пожара приведено в. Средняя счетная концентрация частиц составляла  $3.25 \times 10^8 \text{ 1/м}^3$ . Основную долю частиц (92%) составляют частицы

дыма радиусом до 1.6 мкм, поэтому они легко увлекаются восходящими потоками воздуха, попадают в приземный слой атмосферы и переносятся на значительные расстояния.

С 2010г. в нашей стране введены в действие Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», где в рамках гигиенического нормирования для мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе вводятся величины их предельно допустимых концентраций:  $PM_{10}$ - ПДК<sub>м.р.</sub>- 0,3мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>с.с.</sub>- 0,06мг/м<sup>3</sup>;  $PM_{2,5}$  - ПДК<sub>м.р.</sub>- 0,16мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>с.с.</sub>-0,035мг/м<sup>3</sup>.

Используя предложение Онищенко Г.Г. с соавт. о количественной связи между загрязнением воздуха урбанизированных территорий дисперсными частицами и общей среднесуточной смертностью от всех причин, кроме случайных, можно сделать оценку дополнительной смертности за период катастрофических лесных пожаров и, таким образом, более точно определить значение лесопожарного риска для прогнозируемых лесных территорий.

Очевидно, что для прогноза концентраций продуктов горения лесных пожаров на заселенных территориях необходимы математические модели, адекватно отражающие как развитие самого лесного пожара, так и эмиссию поллютантов от него, и распространение их в атмосфере на значительные расстояния от зоны пожара.

В работе Гришина дана обобщенная эмпирическая формула для расчета скорости распространения лесных пожаров  $\omega_n$ , которая определяет скорости распространения в различных точках контура низового лесного пожара:

$$\omega_n = \omega_{n0} \frac{f_1(v_e, \alpha)(m_3 / m_0)^n}{[1 + G_T(\rho - \rho_0) / \rho_0][1 + C(W - W_0) + D(T - T_0)] / f_2(\beta)} \quad (1.1)$$

Низовой лесной пожар может трансформироваться в повальный верховой, или вершинный верховой пожар.

Для пожаров этих типов формула (1.1) теряет свою точность, т.к. она не описывает условия возникновения верховых лесных пожаров, в частности, тот факт, что он возникает в том случае, когда скорость ветра  $u_\infty$  в пологе леса превышает критическую

величину  $u_{oc} > u_* = 2.5$  м/с. Поэтому для скорости распространения верхового лесного пожара целесообразно использовать формулу:

$$\omega = \frac{u_{* \infty} [\bar{q} + \sqrt{\bar{q}^2 - 8\bar{q}\varepsilon(\pi + 1)(\theta_o - 1)}]}{2\bar{q}(\pi + 1)}, \pi = \sum_{i=1}^4 \frac{\rho_i \varphi_i C_{pi}}{\rho_{5 \infty} C_{p5}}, \text{ где} \quad (1.2)$$

$$\bar{q} = (\rho_{5 \infty} C_{p5} T_{\infty})^{-1} \left\{ \left[ \frac{q_3 M_1 \alpha_c}{M_c} + q_5 (1 - \alpha_c) v_{\Gamma} \right] \rho_1 \varphi_{1H} - q_2 \rho_2 \varphi_{2H} \right\},$$

$$\varepsilon = \frac{\alpha \lambda_m}{\Delta h (\rho_{5 \infty} C_{p5} u_{* \infty})^2}, \quad \theta_o = \frac{T_o}{T_{\infty}} = 1 + \frac{k \bar{q}_o}{1 + \pi}, \quad \bar{q}_o = \bar{q} \Big|_{\varphi_{2H}} = 0.$$

Применение формулы (1.2) возможно при  $W < W_*$ , где  $W_*$  - предельное среднее влагосодержание в кронах. При  $W > W_*$  верховой пожар не распространяется.

Значения эмпирических величин, участвующих в формуле (1.1), теплофизических параметров лесных горючих материалов и термодинамических характеристик лесных массивов в целом, участвующих в формуле (1.2), приведены в работах.

Площадь повального верхового лесного пожара определяется по формуле:

$$S_B = \frac{\pi}{2} (\omega_A^{(B)} + \omega_B^{(H)}) \omega_C^{(H)} t^2. \quad (1.3)$$

Здесь  $\omega_A^{(B)}$  - скорость верхового лесного пожара, определяемая по формуле (1.2);  $\omega_C^{(H)}$  - скорость низового лесного пожара, распространяющегося перпендикулярно скорости ветра и  $\omega_B^{(H)}$  - скорость низового лесного пожара, который распространяется против скорости ветра, определяемые по формуле (1.1).

Если известна площадь верхового лесного пожара  $S_B$ , то время горения легко определить по формуле:

$$t_{\Gamma} = \sqrt{\frac{2S_B}{\pi(\omega_A^{(B)} + \omega_B^{(H)})\omega_C^{(H)}}}. \quad (1.4)$$

Интенсивность выделения продуктов горения  $Q_i$  при лесном пожаре определяется по формуле:

$$Q_i = \sum Q_{ij} = \frac{k_i \times m_{zj} \times S_{nj} \times k_j}{t_{zj}}, \text{ кг/с.} \quad (1.5)$$

Здесь  $k_i$  - коэффициент эмиссии  $i$ -го поллютанта;  $m_{zj}$  - запас ЛГМ на  $j$  - ом участке периметра лесного пожара, кг/м<sup>2</sup>;  $S_{nj}$  -  $j$ -ый

участок площади фронта пожара,  $m^2$ ;  $t_{гj}$  – время горения  $j$  – го участка лесной территории;  $k_j$  – коэффициент полноты сгорания ЛГМ на  $j$  – ом участке лесной территории,  $k_j = (W_{j*} - W_j)/W_{j*}$ . Концентрация  $i$ -го продукта горения  $C_i$  [ $кг/м^3$ ] на уровне земли ( $z = 0$ ) определяется по формуле:

$$C_i(x, y, 0) = \frac{Q_i}{\pi U_{cp} \sigma_y \sigma_z} \left\{ \exp - \left[ \frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{H_{ef}^2}{2\sigma_z^2} \right] \right\}, \text{ кг/м}^3. \quad (1.6)$$

Здесь  $Q_i$  – интенсивность выделения  $i$ -го продукта горения,  $кг/с$ ;  $H_{ef}$  – высота конвективной колонки,  $м$ ;  $\sigma_y$  и  $\sigma_z$  – коэффициенты дисперсии, характеризующие рассеивающую способность атмосферы;  $U_{cp}$  – средняя скорость ветра по слою перемешивания. Представленные выше простые математические модели позволяют делать прогнозные оценки динамики пожаров на лесных территориях, возможности их трансформации из одного вида в другой, прогноз значений концентраций продуктов горения на заселенных территориях.

На основе представленных математических моделей был разработан программный комплекс для решения прогнозных задач возникновения лесных пожаров, их развитие в пространстве и во времени, трансформацию из одного вида в другой, например, низового в верховой или торфяной, для оценки количества выбрасываемых в атмосферу поллютантов на любой момент времени развития пожара и распространения их в пространстве с определением значений концентраций загрязняющих веществ на задымленных территориях. Программный комплекс, помимо математических моделей решаемых прогнозных задач, включает геоинформационное обеспечение: цифровые карты и базы данных в виде лесотаксационных параметров для прогнозируемой территории и информации о метеорологическом состоянии на период прогноза.

Цифровая информация о местности представляет собой систему векторных электронных карт, разработанную и создаваемую силами Росреестра и Топографической службы ВС РФ. Используемый формат электронных карт – SXF. Применяются стандартные классификаторы картографической информации. Программа позволяет работать с электронными картами любых масштабов. Для разработки программы моделирования использовались инструментальные средства создания ГИС-приложений, входящие в применяемую ГИС-платформу

«Панорама», а именно, GISTOOLKIT. С помощью этих инструментальных средств, а также, используя систему программирования DELPHI, были реализованы как основные функции по отображению и управлению электронными картами, так и специальные функции, реализующие процесс моделирования распространения как самих пожаров, так и продуктов их горения.

## **1.6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ, СТРОЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И ИХ ТОКСИЧНОСТЬЮ**

Непрерывное внедрение в промышленность новых химических веществ выдвигает такую важную задачу, как возможность предварительной оценки степени опасности работы с веществами, вызывающими профессиональные заболевания.

Эта задача является чрезвычайно трудной, т.к. о новых веществах часто отсутствуют сведения в токсикологической литературе. Помощь в оценке характера действия вещества могут оказать известные зависимости между токсичным действием веществ и их химическим строением.

Вместе с тем, многие химические вещества, которые сами по себе являются высокотоксичными, при попадании в организм не представляют серьезной опасности. В то же время вещества с относительно малой токсичностью в некоторых случаях оказываются опасными.

Это объясняется тем, что возможность заболеваний на производстве зависит не только от абсолютной токсичности веществ, но и от их физико-химических свойств и реальных условий их применения.

При этом установлен ряд правил и закономерностей, которые связывают токсичность химических веществ с их строением и физико-химическими свойствами.

Так, например, по правилу Ричардсона, в гомологическом ряду сила наркотического действия возрастает с увеличением числа атомов углерода в молекуле. Наркотическое действие усиливается от пентана ( $C_5H_{12}$ ) к октану ( $C_8H_{18}$ ), от метилового спирта ( $CH_3OH$ )



к аллиловому ( $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{OH}$ ). Это правило верно для большой группы углеводов (кроме углеводов ароматического ряда).

Объективно существующую количественную взаимосвязь между химическим строением и биологической активностью химических веществ впервые доказал Н.В. Лазарев. В соответствии с предложенной им схемой (рис.1.6) биологическая активность химического соединения зависит от физико-химических свойств и от структуры молекулы, определяющей химическую активность вещества. Например, растворимость в липидах соответствует проникновению веществ в клетку.



Рис.1.6 Зависимость биологической активности химических веществ от их химического строения

При этом биологическая активность химических веществ в значительной степени зависит от химической структуры молекулы.

Так, в соответствии с правилом разветвления цепей соединения с линейной углеродной цепочкой более токсичны по сравнению со своими разветвленными изомерами (пропиловый и бутиловый спирты - более наркотические вещества, чем изопропиловый и изобутиловый, пропиленбензол токсичнее изопропиленбензола).

Циклические соединения с одной длинной боковой цепочкой более токсичны по сравнению с изомерами, имеющими две или несколько коротких цепочек (этилциклогексан более сильное наркотическое вещество, чем диметилциклогексан).

Представляет, на наш взгляд, также правило разветвления цепей, согласно которому наркотическое действие ослабляется с разветвлением цепи углеродных атомов. Установлено что углеводороды, имеющие одну длинную боковую цепь, оказывают

более сильное наркотическое действие, чем их изомеры, имеющие несколько коротких боковых цепей.

При этом замыкание цепи углеродных атомов усиливает действие вещества. Так, пары циклопентана и циклогексана действуют сильнее, чем соответствующие метановые соединения.

Выявлено также правило кратных связей: биологическая активность вещества возрастает с увеличением кратности связи, т.е. увеличением неопределенности соединения. Например, наркотическое действие этана слабее наркотического действие этилена и слабее ацетилен.

Резко меняется действие вещества при введении галоидов в молекулу углеводородов.

Известно, что с увеличением числа атомов хлора в гомологическом ряду возрастает наркотическое действие:  $\text{CH}_4 < \text{CH}_3\text{CCl} < \text{CH}_2\text{Cl}_2 < \text{CHCl}_3$

Исключение составляет  $\text{CCl}_4$ , который обладает меньшим наркотическим действием, чем  $\text{CHCl}_3$ .

Введение в молекулу углеводорода OH и O приводит к усилению наркотического действия вещества: метиловый и этиловый спирты оказывают большее наркотическое действие, а метан и этан -- значительно меньшее; пропан и даже пентан являются более слабыми наркотиками, чем ацетон.

При введении в молекулу бензола и толуола нитро- и аминогрупп характер действия этих веществ резко меняется. Бензол и толуол не оказывают наркотического действия, а влияют на кровь и центральную нервную систему.

При этом увеличение в молекуле числа функциональных групп придает веществу большую токсичность. Положение групп  $\text{NO}_2$  в молекуле отражается на токсичности.

Оценки опасности и риска применения вещества приводят в процессе сопоставления информации о его дозе воздействия (экспозиции) и биологическом действии.

При ориентировочной оценке (из-за недостатка исходных данных) опасности применения вещества часто исходят из аналогии одного химического продукта с другим известным продуктом.

Это позволяет избежать формального сопоставления информации о дозах воздействия (экспозиции) и экотоксичности.

Риск представляет собой меру вероятности появления нарушений соответствующей тяжести. Это означает, что при анализе риска необходимо определить вероятность данной дозы воздействия (экспозиции), т.е. концентрации и длительности ее воздействия, а на этой основе определить вероятность вредного влияния на организм.

Однако экологический риск до настоящего времени определяется с большими погрешностями. Исключением здесь являются химические продукты сельскохозяйственного назначения, которые преднамеренно вносятся в окружающую среду с определенной целью и в определенной известной концентрации (и прямое, и побочное действие которых полностью исследованы). Так, что можно точно установить вероятность появления побочных биологических нарушений.

На всех стадиях проведения оценки риска, когда возникают опасения о возможных вредных воздействиях, следует оценивать также и допустимость возможных последствий. При этом плавную роль, как правило, играют не естественнонаучные, а общественные критерии, к которым можно отнести требования здравоохранения и экономики.

Практикой установлено, что опасность отравления в значительной степени зависит от физико-химических свойств веществ:

- растворимости;
- летучести;
- агрегатного состояния.

При этом в гигиеническом отношении самым выгодным является крупнокристаллическое или гранулированное состояние, в то время как порошкообразное состояние связано с интенсивным пылевыделением, загрязнением кожных покровов и спецодежды.

При работе с жидкостями также существует ряд неудобств. Например, многие жидкие химические вещества с трудом смываются с кожи и тем самым способствуют проникновению вещества через кожу в организм.

Кроме того, важное значение имеет способность вещества к испарению и возгонке. Поэтому, чтобы судить о поведении вещества тех или иных температурах технологических процессов, необходимо знать температуры, при которых происходит их возгонка или сублимация.

В то же время на степень отравления влияет и состояние организма. Например, если температура тела человека повышена, то его восприимчивость к воздействию токсичных веществ возрастает. Люди, страдающие ожирением или отеками, также более восприимчивы к воздействию токсичных веществ.

Предельно допустимыми концентрациями (ПДК) считаются концентрации (обнаруживаемые современными методами исследования), которые в течение рабочего дня не вызывают изменений в организме (в течение всего рабочего стажа).

ПДК установлены для большого числа химических соединений, встречающихся в различных производствах.

При этом по степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на 4 класса:

- чрезвычайно опасные;
- высокоопасные;
- умеренно опасные;
- мало опасные.

К какому классу опасности относится то или иное вещество можно определить по таблице ПДК, приведенной в СН 245-81.

## **1.7 ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКОМОНИТОРИНГЕ ВОДНО-ОРГАНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ЯМР**

Созданный в 2009 году ЦКП (НОЦ) РУДН (Центр коллективного пользования со статусом научно-образовательного центра) располагает уникальным оборудованием для анализа органических веществ, в частности, двумя современными мультиядерными спектрометрами ЯМР высокого разрешения со сверхпроводящими магнитами JNM-ECA 600 и JNM-ECX 400 (JEOL, Япония). Впервые в России приборы укомплектованы автоматом для смены образцов диаметром до 10 мм, имеют программно-технические возможности автоматической оптимизации условий эксперимента и выбора его алгоритма на основе гибкого меню. Приоритетным направлением эффективного использования метода ЯМР в РУДН является количественная спектроскопия ЯМР высокого разрешения сложных органических

систем природного происхождения, среди них биофлюиды человека и животных, фармпрепараты (медицина, ветеринария), с/х сырье и продукция (агронауки), природное органическое сырье, т.е. нефть, уголь, лигнины, торф, почвы, водно-органические системы (химия, экология, технические науки). Не менее важные области - криминалистика, сертификация пищевой и парфюмерно-косметической продукции, объектов бытовой химии и т.д.

Главное преимущество спектроскопии ЯМР перед другими универсальными методами изучения органических веществ (хроматография, масс-спектрометрия, оптическая спектроскопия) возможность получения строгой количественной информации без использования специфических стандартов и эталонов на ядрах большинства элементов, в первую очередь органогенных (H,C,N,O,P,S). Сведения о сложных органических системах в любой матрице (почва, вода, растворы, газы и т. п.) могут быть получены в виде дескрипторов состава и строения любого уровня: изотопного, элементного, фрагментного, компонентного. Используется информация по положению, интенсивности и мультиплетности сигналов в спектре (компонентный анализ), интегральным интенсивностям специфичных областей спектра (фрагментный или структурно-групповой анализ), наконец, образ или профиль всего спектра в цифровом виде. Цели использования этих подходов весьма разнообразны: идентификация состава и строения объекта, степени соответствия некоему эталонному образцу, предсказание практических свойств объекта, его сырьевой, географической и технологической предыстории, диагностика патологий, метаболизма фармпрепаратов в организме человека. Располагая практическим опытом исследования нефтей и нефтепродуктов, лигнинов, гуминовых веществ, парфюмерно-косметических средств, биологических жидкостей в настоящем сообщении мы представляем примеры некоторых новых направлений наших исследований многокомпонентных систем.

**Биофлюиды.** Ядерный магнитный резонанс является хорошим методом для анализа сложных смесей и, даже не смотря на его не слишком высокую чувствительность, имеет ряд важных преимуществ перед другими методами — не разрушает образец, не требует сложной пробоподготовки, позволяет проводить анализ сравнительно быстро и получать значительное количество информации сразу обо всех компонентах смеси. Эти факторы

делают применение ЯМР очень выгодным, в частности, при исследовании биологических объектов, прежде всего биологических жидкостей. Из спектров ЯМР легко определить соотношение компонентов биофлюидов, используется ЯМР и для лабораторного изучения химического состава биожидкостей, отдельным направлением таких исследований с целью последующей рутинной медицинской диагностики по статистически значимым изменениям в спектрах, является метабономика. Существуют сотни работ по метабономике мочи, крови, лимфы, цереброспинального флюида, состава мочи новорожденных, липидной части мочи и крови (liposcience). По амниотической жидкости (АЖ) работ не так много, хотя ее исследование представляет для медиков большой фундаментально научный и практический интерес. Это коллоидный раствор, в котором имеются мукопротеиды с высоким содержанием углеводов, большое количество липидов и белков. В довольно высоких концентрациях представлены различные биологически активные вещества – адреналин, норадреналин, тироксин и эстрадиол. АЖ богата гистамином, содержит профибринолизин и тромбокиназоподобные вещества, продукты белкового и жирового метаболизма, биологически активные вещества, в том числе цитокины и эйкосаноиды, а также различные механические примеси – чешуйки эпидермиса, лануго, сыровидную смазку.

В стандартной медицинской практике в АЖ определяют уровень альфа-фетопротейна, общий белок, общий билирубин, отношение лецитин/сфингомиелин, при амниоцентезе производят также цитогенетический анализ, который занимает от одной до трех недель, поскольку для его необходимо увеличение количества клеток, полученных при амниоцентезе, до приемлимого для анализов количества. ЯМР АЖ, например, полученной при амниоцентезе, помимо быстрого измерения ряда биохимических показателей, может позволить при анализе спектров статистическими методами диагностировать многие возможные отклонения в развитии плода без длительного цитогенетического анализа, информация о соотношении уровней различных соединений в амниотической жидкости может давать и другую полезную медикам информацию. Однако, анализ АЖ методом ЯМР сопряжен с несколькими проблемами, т.к. она может содержать в себе механические примеси, которые затрудняют настройку

разрешения, ухудшая однородность магнитного поля; содержит большое количество воды, сигнал которой перекрывает большую часть полезных сигналов в спектре. Существует несколько подходов, позволяющих сделать данную задачу выполнимой:

- Экстракция интересной для изучения части образца.
- Удаление из образца механических и белковых примесей центрифугированием на высоких скоростях и воды лиофилизацией.
- Редактирование спектра различными ЯМР-методами.

Нами избран подход минимальной обработки исходного образца и подавления сигнала растворителя методами ЯМР. Для подавления сигналов растворителя в ЯМР применяют несколько типов методик, которые представляют собой модификации трех подходов:

- методы насыщения сигнала воды.
- методы, дающие нулевое возбуждение сигнала воды.
- методы, нарушающие резонансные условия протонов воды.

Как наиболее эффективная выбрана методика WATERGATE с биномиальной последовательностью W5. Методы подавления сигналов макромолекул в нашем случае были признаны неэффективными, поэтому коррекция базовой линии производилась математическими методами. Кроме того, крайние точки окна предсказывались методом обратного линейного предсказания для компенсации фазовой ошибки при быстром Фурье-преобразовании. Спектры выравнивались по остаточному сигналу воды и нормировались. Была получена серия спектров с целью анализа изменений образца при хранении в условиях лаборатории (-3 градуса по Цельсию). Их анализ показал, что в условиях лаборатории образцы хранятся не более 4 часов, т. е. время от отбора АЖ до получения спектра должно быть максимально коротким. Во всех образцах сигнал воды имеет один и тот же химический сдвиг, рН приведен к одному значению с помощью фосфатного буфера.

Полученные результаты позволяют утверждать, что, по крайней мере для тех задач, для которых достаточен статистический анализ спектров ЯМР околоплодной жидкости, такие спектры можно получать без какой-либо специальной пробоподготовки, хотя удаление механических примесей простым центрифугированием образца остается все же желательным для получения более высокого разрешения в спектрах.

**Лигногуматы.** Важность гуминовых веществ (ГВ), как рост-симулирующих, детоксицирующих препаратов общеизвестна, хотя методология их сертификации и контроля качества количественными методами отсутствует. В отличие от методов масс-спектрологии, оптической спектроскопии и хроматографии спектроскопия ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  позволяет на строго количественной основе получать информацию о распределении атомов водорода и углерода по всем функциональным группам и фрагментам ГВ для целей идентификации их сырьевого происхождения и, что более важно, предсказания на этой основе методами многопараметрических корреляций вида «строение-свойства» их физиологической активности.

ЯМР  $^{13}\text{C}$  лигногумата ОАО «РЭТ» и соотношение в нем различных фрагментов (%), сделаны по методике. Таблица этих характеристик, обработанная по найденной экспериментальной зависимости прорастания семян пшеницы от строения стимулятора роста позволяет оценивать относительную эффективность конкурирующих препаратов из спектров ЯМР  $^{13}\text{C}$  без проведения трудоемких лабораторных и, тем более, полевых испытаний. В частности, для представленной серии наиболее предпочтительными являются препараты №4 и №6, произведенные из лигнина и окисленного бурого угля.

*Таблица 1.6*

**Фрагментный состав ГВ (№) и их относительная ФА (всхожесть семян пшеницы при замачивании в водном растворе 0,05%) относительно контроля (замачивание в дистилляте)**

№	Наименование препарата	C=O	COO	C <sub>ар</sub> O	C <sub>ар</sub> C,H	C <sub>алк</sub> O	C <sub>алк</sub>	S <sub>ПМЦ</sub> , (спин/г×10 <sup>16</sup> )	ФА теор.
1	ГК Хим реактив	0.4	6.6	7.4	38.3	25.8	21.4	33.55	0,65
2	ГК Плодо родие	1.8	12.0	9.0	51.4	3.8	21.7	12.16	0,86
3	Окси гумат	3.7	6.3	9.9	54.6	13.2	12.3	12.56	0,82
4	Лигногумат	01.0 4.09	6.3	21.5	38.4	21.9	8.4	39.47	1,66



5	Гуми стар	1.2	8.3	5.6	32.9	17.3	33.9	9.5	0,55
6	Гумат-80 Урожай	2.4	8.5	11.8	51.6	2.0	23.9	29.41	1.00
7	Row-Humus	1.4	8.9	8.4	49.6	4.2	27.4	23.04	0,76
8	Энергум	0.8	9.2	8.8	50.2	10.8	20.1	29.4	0,80
9	Гель (Торф)	1.1	9.7	5.5	31.9	21.3	30.5	28	0,57
10	ИHSS St	4.1	9.9	10.0	48.5	5.7	21.9	28	0,89
11	Энерген	2.0	10.0	8.8	55.7	1.7	18.4	н.д.	0,81
12	Агрокор	10	11	2	11	12	54	н.д.	0,34
13	Теравита	3.0	7.7	7.7	60.7	2.4	18.1	н.д.	0,69
14	Энерген-2	3.1	8.7	9.0	43.2	14.4	21.2	н.д.	0,80
15	Орггум	13.8	7.7	10.8	29.0	13.8	21.5	9.5	0,91

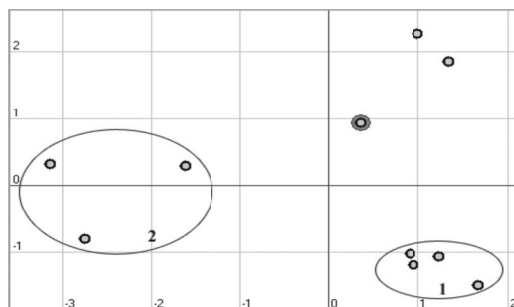
Н.д.- нет данных

**Продукты молекулярного дизайна.** Лицензированные парфюмерно-косметические средства обычно проходят контроль качества только в стране выпуска и до попадания продукции в первичную продажу. Эффективная схема защиты потребителя в этом случае - сличительный контроль продукта со стандартом, или образцом, уже зарекомендовавшим себя удовлетворительно. Большинство стандартизованных методов химического анализа требует значительного времени и трудозатрат, обеспечивают контроль качества сырья и продукции на этапе производства и первичной реализации, но не контроль готовой продукции непосредственно у конечного потребителя. Сличительный эксперимент с помощью спектроскопии ЯМР  $^1\text{H}$  с Фурье-преобразованием занимает несколько минут, требует минимальной пробоподготовки. Исследована серия образцов одноименного парфюмерного средства (“Amor Amor”, Chacharel) от фирмы-производителя и от ряда дистрибьюторов, т.е. купленных в торговых

организациях Москвы разного уровня доверительности. Образцы были охлаждены в холодильнике до 3 градусов по Цельсию, вскрыты и перенесены в ампулы для ЯМР-экспериментов диаметром 5 мм, для них осуществлена регистрация спектров ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  в идентичных условиях в трех повторениях. Дополнительная серия экспериментов с одним образцом осуществлена с целью изучения его поведения при длительном хранении (до 14 дней). Оригинальный образец духов содержит, помимо воды и этанола, сложную эфирную смесь и следовые количества гетероциклических соединений. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  указывает на наличие протонного обмена.

Часть одноименных духов (3 из 5 образцов) демонстрирует отсутствие протонного обмена с водой и этанолом, что предполагает отсутствие в смеси соединений с подвижными протонами. Соотношения этанола, воды и органики в этих образцах также различны, в них присутствует значительное количество ароматических соединений. Все они не соответствуют в полной мере оригиналу, то есть не только не могут удовлетворять экологическим стандартам ЕС, но и содержать токсичные соединения.

Сличительный анализ методом ЯМР не требует полной расшифровки спектра. Мерой различия может служить результат вычитания двух спектров или корреляция между ними. Различие образцов в серии можно видеть на диаграмме факторного анализа методом главных компонент, где факторами являются линейные комбинации интегральных интенсивностей наиболее характерных фрагментов спектра (Рис. 1.7).



**Рис. 1.7** Факторная диаграмма в координатах двух главных компонент с наибольшими весами.

Группа 1 — оригинальные образцы духов. Группа 2 — пробы оригинальных духов с различным временем хранения. Оставшиеся точки — образцы духов, которые, по видимому, были фальсифицированы. Смещение группы 2 относительно группы 1 обусловлено нелинейной динамикой испарения легколетучих компонент. Согласно полученным расчетам, по критерию Краскела-Уоллеса (многомерное обобщение критерия Манна-Уитни), различия между выборками являются статистически значимыми при высоком уровне достоверности.

Наибольший вклад в факторы, в координатах которых построена диаграмма, вносят области 1 м.д.-2 м.д. и 4.5-6 м.д. протонных спектров образцов, в первой области лежат сигналы эфиров и простых углеводородов, во второй – гетероциклических и ароматических соединений, входящих в состав парфюмерного Средства.

## **1.8 МЕРОПРИЯТИЯ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В Г. ЕРЕВАНЕ**

Автомобильный транспорт на сегодняшний день является основным видом транспорта в Армении по перевозке пассажиров (табл. 1.7). Как видно из табл. 1.7, около 82% пассажироперевозок выполняется автобусами, при этом пассажирооборот автобусами составил в 2009г. более 60% от общего числа (табл.1.8). Отметим, что основная доля как всей экономики, так и жителей Армении сосредоточена в г. Ереване (число жителей более 1,2 млн. чел.), что создает большие риски с точки зрения экологической безопасности.

Для нормального функционирования г. Еревана с каждым годом увеличивается количество, как легкового таксомоторного транспорта, так и автобусов. Отметим, что с увеличением пассажирского транспорта увеличивается также количество грузового автотранспорта. Этим и объясняется основная роль автотранспорта в загрязнении атмосферного воздуха в Армении и, в частности, в г. Ереване. Если выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в 2009г. в Армении составили 75 тыс. тонн, то от автотранспорта - 160 тыс. тонн.

Как показывают исследования, основную долю (около 73%) выбросов от автотранспорта составляют окиси углерода (табл. 1.9).

В настоящее время более 70% выбросов от автотранспорта приходится на г. Ереван, где в пассажироперевозках задействованы более 3000 тыс. микроавтобусов, более 100 автобусов.

Условия эксплуатации в г. Ереване имеют свои особенности: большое количество остановок и разгонов, нагруженность транспортных коммуникаций, длинные подъемы и спуски, на некоторых участках - резкие подъемы, высота над уровнем моря составляет от 850 до 1100 м, вынужденные частые резкие остановки. Все это приводит к тому, что весьма часто двигатель, а также агрегаты и механизмы трансмиссии работают с перегрузками. В итоге это приводит к увеличению расхода топлива и выбросов загрязняющих веществ, особенно на разгонах, снижению надежности и срока службы агрегатов и механизмов.

С целью снижения количества выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта целесообразно улучшить динамические качества автомобиля путем оптимизации передаточных отношений (чисел), исходя из конкретных условий эксплуатации.

В качестве объекта исследования были выбраны микроавтобусы, которые в настоящее время эксплуатируются на 5 маршрутах.

При эксплуатации в г. Ереване в основном используются II и III передачи микроавтобусов.

Исходя из конкретных условий эксплуатации, с использованием программного пакета MATLAB определены оптимальные передаточные отношения II и III передачи для микроавтобусов марки ГАЗЕЛЬ (ГАЗ 322132), эксплуатируемых в г. Ереване. Полученные значения передаточных отношений коробки передач позволит до 6...8% снизить расход топлива и выбросы загрязняющих веществ. Учитывая возрастающие потребности в микроавтобусах в г. Ереване, необходимо заказать новые партии микроавтобусов с конкретными передаточными отношениями. В ближайшем будущем общее количество микроавтобусов не уменьшится. Следовательно, при конструктивной доработке можно значительно снизить общее количество вредных выбросов в атмосферный воздух в г. Ереване.

Таблица 1.7

Перевозки пассажиров предприятиями транспорта (млн. чел.)

Вид транспорта	2000	2009
Железнодорожный	1,1	0,8
Автобусный	100	206,3
Легковой таксомоторный	0,3	17,2
Троллейбусный	9,5	4,3
Метрополитен	15,5	18,9
Воздушный	0,6	1,5

Таблица 1.8

Пассажиروоборот предприятий транспорта (млн. пасс. - км)

Вид транспорта	2000	2009
Железнодорожный	47	35
Автобусный	1308	2356
Легковой таксомоторный	2	160
Троллейбусный	45	20
Метрополитен	59	72
Воздушный	579	1151

Таблица 1.9

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от автотранспорта (тыс. тонн)

Всего		В том числе							
		сернисто го антигидр ида (SO <sub>2</sub> )		окисло в азота (NO <sub>2</sub> )		окиси углерод а (CO)		углеводо родов	
20 00	20 09	2000	20 09	20 00	20 09	20 00	200 9	20 00	2009
12 6	16 0	0,2	0,0 3	8	14	92	117	24	16

## 1.9 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Для проверки возможности применения простых методов оценки почв и воды по химическим показателям качественными, полуколичественными и количественными методами был проведён

опытный экологический мониторинг почв и воды на нескольких территориях г.Москвы. Базовой была территория ГУУ, которую сравнивали с такими территориями, как природно-исторический парк «Кузьминки-Люблино» (он находится в одном административном округе с территорией ГУУ) и ООПТ «Серебряный Бор», как образцово-показательная территория, расположенная на Северо-Западе столицы, т.е., предположительно, наиболее чистая территория из-за направления основных атмосферных потоков (приоритет западного переноса). Отрабатывались учебные задачи: 1. Сбор образцов для практического изучения; 2. Подготовка образцов к анализу; 3. Проведение работ с лабораторным оборудованием; 4. Фиксация и подсчет диапазона полученных химических измерений. Для исследования почвы были взяты пробы со всех трёх территорий.

#### Действие 1. Определение морфологии почв.

Процедура включает в себя изучение почвенного профиля по горизонтам залегания. Для более детального исследования почвы необходимо было бы создать почвенный профиль глубиной не менее чем 1,5 метра. В нашей работе не удалось воспользоваться этим методом, т.к. почвы исследовались на особо охраняемых природных территориях и на территории ГУУ, где действия такого рода запрещены. Поэтому пришлось довольствоваться пробами, отобранными с глубины 10-20 см. Однако именно поверхностный слой почвы испытывает наибольшее антропогенное воздействие и оказывает непосредственное влияние на людей и растительность.

#### Действие 2. Определение химического состава почв.

Производился сбор образцов почв, их выпаривание и фильтрация для почвенных вытяжек. Полученные образцы исследовались на наличие в почве различных химических компонентов.

На изучаемых территориях, для полного исследования были взяты пробы вод. Материалом для изучения на территории ГУУ послужила вода, взятая из лужи, которая находилась возле парковки со стороны Рязанского проспекта, т.к. на наш взгляд, это наиболее показательное место, собравшее в себя все вредные вещества, которые могут присутствовать на территории ГУУ. С территорий парка «Кузьминки-Люблино» и ООПТ «Серебряный бор» были взяты образцы воды из водоёмов, расположенных на этих территориях.

**Выводы по мониторингу почв:** Было проанализировано 12 образцов проб почв : 4- с территории парка «Кузьминки-Люблино», 6 - с территории ГУУ и 2– с ООПТ «Серебряный Бор». Оказалось, что почвы в ГУУ по совокупности оцениваемых показателей более благоприятные, чем почвы парка «Кузьминки-Люблино» и ООПТ «Серебряный Бор».

**Выводы по воде:** проведенные анализы и сопоставление результатов показали, что образцы содержат следующее: **Взяты с лужи на территории ГУУ:** сульфаты (верхняя граница ПДК), общая жесткость (превышает в 2, 5 раза), активный хлор (присутствует), карбонаты (превышают в 4 раза); **ООПТ «Серебряный Бор»:** общая жесткость (превышает ПДК на 30%), кальций (на 45% превышает ПДК); **Природно-исторический парк «Кузьминки-Люблино»:** аммоний (на 20% превышает ПДК), кальций (превышает в 3 раза), активный хлор (присутствует), гидрокарбонаты (превышают ПДК на 30%).

**Общие выводы:**

1. Было собрано и испытано 12 почвенных образцов, которые оценивались по 7 параметрам , и 8 образцов воды, которые оценивались по 19 параметрам. Таким образом, было проведено 236 анализов.
2. Проведенные исследования показали, что наивысшим качеством обладают природные воды и почвы ГУП «Серебряный Бор», на втором месте - ГУУ и лишь на третьем месте ООПТ «Кузьминки». Поскольку на территории ГУУ природных водных источников нет, то исследование атмосферных осадков из луж носят лишь информативный характер.

## ГЛАВА 2

### МЕХАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

#### 2.1 ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ АГРОЦЕНОЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ДВИЖИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ

Разработка новых методов исследований, в том числе, моделей и технических средств, обеспечивающих сокращение сроков выполнения научных работ и их удешевление, особенно актуальна при решении агромелиоративных задач, требующих, как правило, проведения многолетних и дорогостоящих полевых опытов. Использование имитационных моделей агроценозов в системах управления технологиями выращивания сельскохозяйственных культур представляет несомненный интерес для оценки состояния сельскохозяйственных угодий подверженных значительной антропогенной нагрузке. В частности, адекватная оценка снижения продуктивности агроценоза на переуплотненных почвах может служить показателем необходимости проведения агромелиоративных мероприятий по ее разуплотнению либо использования щадящих способов ее механической обработки. На примере оценки эффективности модернизации двигателей трактора ДТ-175С показана возможность использования для этой цели имитационной модели агроценоза яровой пшеницы, позволяющей рассчитывать урожайность в зависимости от глубины и плотности уплотненного подпахотного слоя почвы.

Одним из важнейших показателей плодородия почвы является плотность ее сложения. Согласно данным Почвенного института им. В.В. Докучаева увеличение плотности почвы на  $0,1 \text{ г/см}^3$  от оптимального значения сопровождается ежегодным недобором урожая зерновых колосовых до 13-15 млн.т, сахарной свеклы более 2 млн.т, зерна кукурузы около 0,5 млн.т. Модернизации ходовой системы гусеничных и колесных тракторов позволяет значительно снижать уплотняющее воздействие на почву. Выполненные нами исследования по уплотнению дерново-подзолистой суглинистой почвы при использовании тракторе ДТ-



175СИ с модернизированными гусеницами показали, что в зависимости от числа проходов по одному следу уплотнение почвы в период предпосевной обработки значительно снижается, по сравнению с уплотнением, вызываемым серийным вариантом, рис.2.1

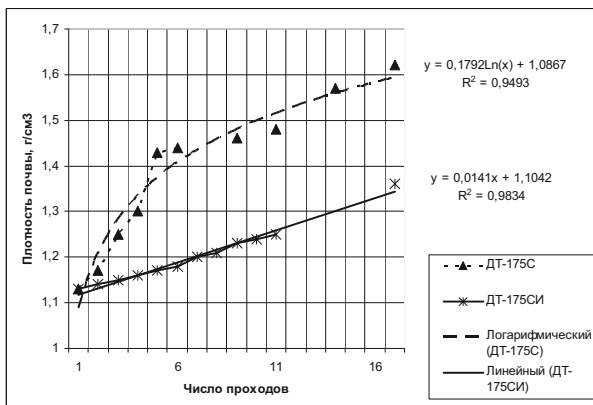


Рис. 2.1 Изменение плотности почвы в зависимости от числа проходов трактора ДТ-175С и ДТ-175СИ; ▲, \* - экспериментальные данные плотности почвы от числа проходов трактора ДТ-175С и ДТ-175СИ соответственно. (Выделено 5 зон уплотнения: 1- неуплотненная, 2 - слабоуплотненная, 3 - среднеуплотненная, 4 - сильноуплотненная, 5 - переуплотненная.)

Оценка эффективностей двух вариантов использования существующей и модернизированной техники для обработки почвы и посевов может служить мерой экономического обоснования вложения средств в модернизацию сельскохозяйственной техники. Отметим, что при выполнении агротехнических операций техникой, вызывающей эксплуатационную деградацию почвенного покрова, для воспроизводства почвенного плодородия необходимо периодически применять агромероприятия, приходящие к разуплотнению почвы.

К таким мероприятиям относятся глубокая вспашка и глубокое рыхление. Оба эти приема требуют применения специальной техники и достаточно затраты.

Кроме того, оборот почвенного пласта может приводить к снижению содержания питательных веществ и гумуса в верхнем слое почвы, в котором располагается основная масса корней. Для выполнения расчетов по оценке эффективности модернизации ходовой части необходимо иметь зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от уплотнения почвы в широком диапазоне действующего фактора, т.е. при использовании серийной и модернизированной гусеницы.

Для оценки урожайности сельскохозяйственной культуры предложено использовать имитационную модель агроценоза яровой пшеницы, разработанную во ВНИИГиМ, в которой рост корневой системы зависит от плотности и твердости почвы задаваемых по слоям, при этом погодные и др. условия роста и формирования урожая не меняются.

Плотность почвы задается на основании результатов проведенных исследований по влиянию числа прохода трактора на ее плотность. Адекватность расчетов, выполняемых с помощью имитационной модели агроценоза яровой пшеницы по влиянию уплотнения почвы на урожайность, проверялась на микроделяночном полевом эксперименте. Сравнение результатов полевого опыта и численных экспериментов показало, что по урожайности и массе зерновки получено удовлетворительное соответствие ( $R_y=0,94; R_z=0,91$ ).

Для выполнения сценарных исследований по влиянию уплотнения почвы при различном числе проходов (и различном давлении движителей) трактора на урожайность яровой пшеницы была подготовлена исходная информация по водно-физическим свойствам, допустимой глубине проникновения корней, а также плотности верхних горизонтов уплотненной и неуплотненной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы. Данные по плотности почвы, подвергшейся многократной прогонке техники, взяты непосредственно из рис. 2.1 экспериментальных исследований.

Почвенные условия в модели агроценоза задавались по характеристикам дерново-слабоподзолистой легкосуглинистой почвы (Дмитровский р-н, Московская обл.): погодные данные

(1995-98 гг.) и сроки сева взяты по данным метеостанции г. Долгопрудный (Московская обл.). Результаты численных экспериментов по категориям уплотнения почвы представлены в табл. 2.1

Для выполнения экономических расчетов в качестве тестовой культуры выбрана яровая пшеница по следующим соображениям:

- культура обладает высокой чувствительностью к уплотнению почвы;

- технология выращивания яровой пшеницы отличается относительной простотой, не требует большой кратности обработки почвы и, следовательно, кратность проходов можно легко оценить;

- стоимость единицы продукции относительно невысокая (3,5 тыс. рубл./т) и, если на этой культуре будет получен положительный эффект от внедрения новой техники, то для других, более дорогих культур эффект будет большим.

Основные технологические операции при выращивании яровой пшеницы: лущение (1-2 следа), вспашка, боронование, внесение удобрений, культивация, прикатывание, сев, послеуборочное боронование, уборка (кошение в валки, подбор и обмолот, либо прямое комбайнирование), уборка соломы.

Таблица 2.1

Расчетная урожайность яровой пшеницы (т/га), выращиваемой на почве различной уплотненности

Метеоу словия года	Степень уплотнения почвы				
	Не- уплотнен ные	Слабо- уплотнен ные	Средне- уплотнен ные	Сильно- уплотнен ные	Пере- уплотнен ные
1995	1,97	1,79	1,33	0,91	0,90
1996	3,20	2,83	2,00	1,69	1,42
1997	2,12	1,76	0,85	0,76	0,73
1998	1,58	1,34	0,71	0,61	0,65
Сред нее	2,22	1,93	1,22	0,99	0,92

Поскольку основную подготовку почвы под яровые зерновые

проводят ранней весной при высокой влажности почвы по всему профилю, то именно в этот период сельскохозяйственная техника, подготавливая верхний слой почвы к севу, значительно уплотняет нижележащие слои, а при многократных проходах трактора разрушается структура и верхнего слоя, снижается степень крашения пласта, возрастает сопротивление вспашке и твердость почвы. Увеличивается расход топлива на 5-7 %, и, кроме того, высокая комковатость почвы приводит к необходимости увеличения кратности проходов для формирования необходимой структуры при подготовке почвы к севу.

Уплотнение почвы приводит к снижению ее плодородия за счет ухудшения ее агрофизических и агрохимических свойств; уменьшение влагоемкости почвы и глубины проникновения корней растений, ведет к дефициту водопотребления, снижается эффективность впитывания осадков и поглощения минеральных веществ корнями растений, нарушается водно-воздушный режим почвы. Вследствие этого снижается урожайность урожая и возникает необходимость периодического (5-8 лет) проведения относительно дорогих агромероприятий - глубокой вспашки и глубокого рыхления (10-25 тыс. руб./га). На модернизацию трактора необходимо затратить 0,5 - 1,0 млн. руб., а сезонная производительность тракторов принимается одинаковой ( $\approx 500$  га).

Дерново-подзолистые почвы суглинистого состава являются одними из наиболее подверженных уплотнению почв, поскольку содержат низкое количество гумуса и органического вещества, а пропорции содержания фракций песка и глины таковы, что обеспечивают (при возникновении напряжения в почве) «слипание» фракций и в дальнейшем почва не способна к быстрому разуплотнению. В то же время глубокое рыхление и вспашка приводят к тому, что в плодородный почвенный горизонт попадает нижележащий подзолистый грунт, в результате чего плодородие пахотного горизонта может снижаться. В расчетах экономической эффективности затраты на глубокое рыхление учитываются при условии, что по плотности почву следует относить к сильно уплотненным (на 5-8 год эксплуатации).

Принимая ширину сельскохозяйственных орудий (используемых для выполнения полевых работ механизированным способом) от 2,... 23 м, ширину гусениц - 0,47 м, боковую

деформацию 0,5 м и, учитывая 8 операций полевых работ до завершения сева, можно допустить, что за весенний период вся поверхность почвы подвергается однократному воздействию гусениц.

Результаты сравнительных расчетов экономической эффективности производства зерна яровой пшеницы с применением серийного ДТ-175С и модернизированного тракторов ДТ-175СИ показаны на рис. 2.2.

Результаты расчетов экономической эффективности по двум альтернативным вариантам показывают несомненное преимущество вложения средств в инновационную технологию, обеспечивающую сохранение почвенного плодородия в течение длительного срока за счет снижения механической нагрузки при подготовке почвы к севу в ранневесенние сроки.

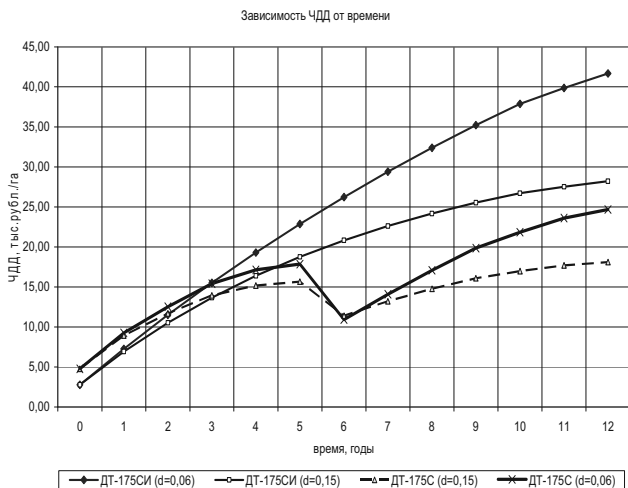


Рис. 2.2. Динамика ЧДД двух вариантов инвестирования средств: на модернизацию техники и агромелиорацию уплотненной почвы (при нормах дисконта равных 0,06 и 0,15).

Именно щадящий режим обработки почвы, не допускающий ее быстрой эксплуатационной деградации, в случае модернизации трактора обеспечивает значительно большую экономическую эффективность (на 48-58%) по сравнению с использованием стандартной техники, требующей применения агромелиоративных

мероприятий для восстановления агрофизических свойств деградированной почвы.

## 2.2 РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАМИРОВАНИЯ МТА

Особенности исполнительных систем МТА, связанные с изменением ранга матрицы  $J$  на траектории, избыточностью степеней подвижности, наличием ограничений на координаты  $q$  не позволяет решать стандартными методами описывающие поведение системы линейные уравнения, полученные в результате линеаризации.

Вместе с тем, все ограничения для заданной конфигурации исполнительной системы могут быть описаны в виде линейных уравнений и неравенств.

В этом случае для реализации алгоритма управления наиболее приемлемым является метода линейного программирования движения, который заключается в использовании для управления линейной модели.

При этом управление планированием движения методом линейного программирования включает следующие этапы:

- определение текущих значений обобщенных координат звеньев рабочего органа (РО)  $q$  и цели управления, задающей конечное состояние  $S^f$  рабочего органа;
- вычисление текущую значения состояния  $S$  рабочего органа и формирование командного вектора изменения его состояния  $\Delta S$  для достижения цели управления;
- построение линейный модели: вычисление матрицы  $J$  и определение ограничений, зависящих от конфигурации исполнительного механизма (ИМ) и состояния внешней среды;
- определение командных приращений обобщенных координат  $\tilde{v}_q$  исполнительной системы путём решения задачи линейного программирования;
- передача управляющих величин  $\tilde{v}_q$  на исполнительный уровень управления и возвращения к первому этапу.

Структурная схема линейного программирования движения РО показана на рис. 2.3. Этот метод, по нашему мнению, можно

эффективно использовать при наличии избыточности и необходимости учёта ограничений на координаты.

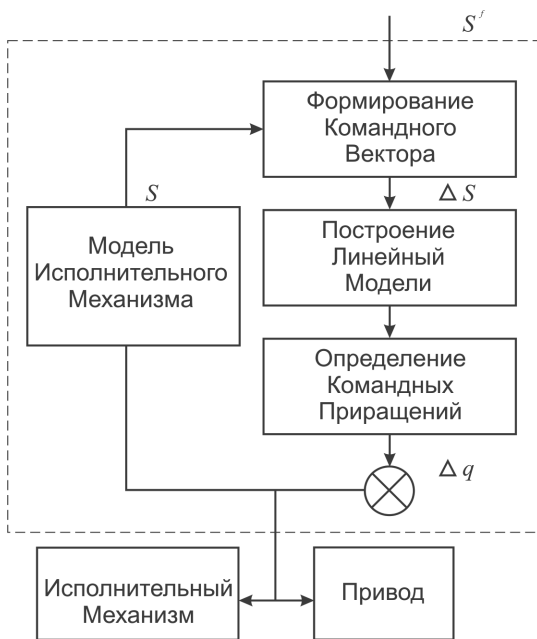


Рис. 2.3 Структурная схема линейного программирования движения РО двигателя

Управление по вектору скорости для большинства систем позволяет применять приближение решения, связанные с ограниченностью задания координат. Значения обратной матрицы  $J^{-1}$  задаются для 3 условных точек, а для всех других значений координат  $q$  обратная матрица вычисляется интерполированием. Ошибки интерполирования чаще всего не имеют большого значения.

Кроме того, при нахождении вектора командных скоростей можно вообще отказаться от обращения матрицы  $J$ , если использовать приближённое решение:

$$\tilde{q}^g = CJ^T S^g \quad (2.1)$$

где  $C$  – диагональная матрица с неотрицательными элементами.

В этом выражении операция обращения заменена операцией транспонирования. Смысл управления в данном методе, получившем название приближённого, заключается в том, что рабочий орган движется по вектору скорости  $S_1$ , имеющему неотрицательную проекцию на командный вектор  $S$ .

Траектория движения РО в данном случае отличается от прямолинейной, но в большинстве случаев (в частности, при исследовании движения МТА) это вполне допустимо для достижения конечной цели управления.

Рассмотренные алгоритмы управления движением по вектору скорости, в общем случае, не обеспечивают управления по заданному направлению, если на заданной траектории встречаются точки, в которых матрица якоби является вырожденной. К недостаткам этого метода управления следует отнести необходимость решения алгебраических уравнений, сложность реализации и др.

При управлении движителем МТА различных типов актуальной, на наш взгляд, является проблема наилучшего достижения цели управления, которая, как правило, формируется с точки зрения достижения минимума некоторого критерия качества.

При этом необходимо учитывать разнообразные факторы, влияющие на поведение управленческого объекта, например:

- атмосферные возмущения;
- ошибки измерений;
- неточность знания параметров объекта и внешней среды;
- неопределенность задания начальных условий движения; и т.д.

Аналогичные проблемы встречаются почти во всех задачах управления подвижными объектами.

Большинство известных подходов к решению проблем управления МТА при наличии неопределенностей связаны с использованием различных эвристических принципов, а также с построением оптимальных по различным критериям программных управлений и стратегий с полной обратной связью.

Анализ этих подходов применительно к проблеме управления движением МТА обусловил необходимость построения общей теории синтеза оптимальных алгоритмов управления, которые



используют неполную информацию о поведении объекта, поступающую с измерительной системы.

Кроме того, требование реализации алгоритмов управления и обработки информации на ЦВМ ставит проблему определения оптимального управления различными объектами как при непрерывном, так и при дискретном получении информации.

В нашем случае рассматривается проблема оптимального управления при неполной мгновенной информации, т.е. текущая информация сразу же используется для выработки управления и не накапливается.

Оптимальное управление, использующее мгновенную информацию относительно проще определить и реализовать на практике при исследовании объектов АПК.

Такой подход позволяет учесть:

- наличие возмущений;
- неточность и неполноту информации, содержащейся в измерениях;
- неопределенность задания начальных условий движения МТА;
- неточность задания параметров модели объекта.

При этом, по нашему мнению, перспективными являются пути решения 2-х проблем:

- синтез оптимального управления непрерывными стохастическими и детерминированными системами при неполной непрерывной мгновенной информации о состоянии (управляемый объект и поступающие измерения считаются непрерывными);
- синтез оптимального управления непрерывными стохастическими и детерминированными системами при неполной дискретной мгновенной информации о состоянии.

При этом объект управления считается непрерывным, а измерения поступают в дискретные моменты времени. Исследуется непрерывно-дискретная система, а методы исследования не связаны с предварительной дискретизацией математической модели объекта и применением аппарата синтеза оптимальных дискретных систем.

Кроме того, предполагается, что в момент получения информации по результатам измерений вырабатывается кусочно-непрерывное программное управление, зависящее от времени. Управление прилагается к системе вплоть до следующего измерения

## 2.3 ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И АДАПТИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МТА ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ УПРАВЛЕНИИ

Машинно-тракторные агрегаты (МТА) обладают специфическими особенностями, представленными на рис.2.4.

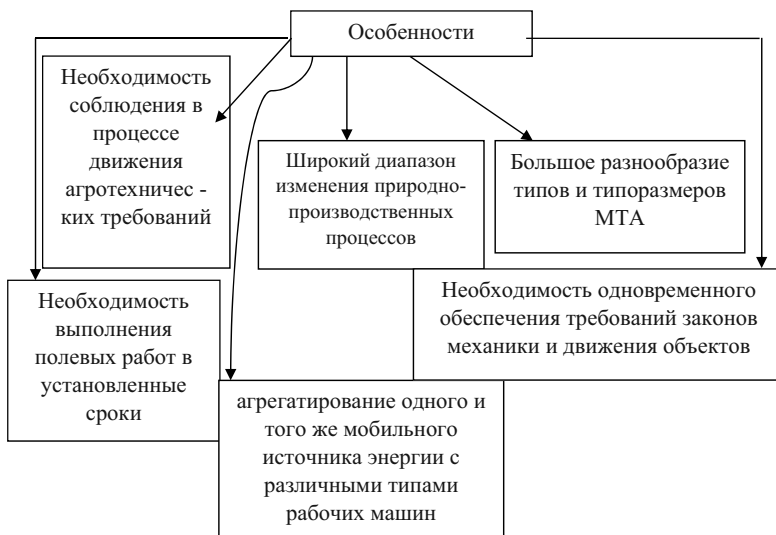


Рис.2.4 Основные специфические особенности МТА

При этом параметры и режимы работы МТА должны одновременно удовлетворять как диапазонам механики, так и экономики.

Для эффективной и оперативной оптимальной адаптации МТА к зональным условиям необходимо создание общей теоретической базы для всего разнообразия типов и типоразмеров мобильных агрегатов.

В целях сокращения количества типоразмеров МТА и достижения максимального соответствия их показателей внешней нагрузки необходимо реализовывание параметров до начала выполнения операции и управлений некоторыми из них во время рабочего хода.

При этом управление работой МТА возможно по двум вариантам рис. (2.5 а,б)

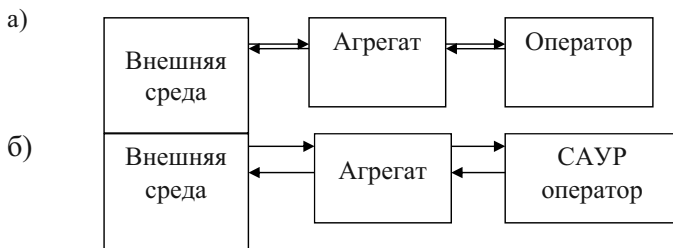


Рис. 2.5 Схемы управления работы МТА

Для обеспечения работы САУР необходимы надежные средства автоматики на базе микропроцессорной техники и эффективные математические методы алгоритмизации обработки информации.

Следует отметить, что по второму варианту рис.2.5 б оператор выполняет ограниченное количество функций по управлению (пуск агрегата; контроль за работой САУР; вождение МТА; вмешательство в работу в САУР в экстренных ситуациях; выключение МТА).

Принцип автоматического управления основан на установлении принадлежности измеренных значений управляемых параметров  $y_{iu}$  некоторым заданным оптимальным интервалам значений этих параметров:

$$y_{iu} \rightarrow |y_{imin}, y_{imax}|, i = 1, \dots, n \quad (2.2)$$

При этом, если  $y_{iu}$  имеет любое значение из заданного интервала, то работа МТА считается устойчивой. В иных случае САУР подает управляющий сигнал и приводит систему в устойчивое состояние.

Как правило, функцию (1) на практике представляют в виде:

$$y_{iu} \rightarrow [(1 - k)y_{i^*}, (1 + k)y_{i^*}] \quad (2.3)$$

где  $y_{i^*}$  – оптимальное (принятое) значение параметра  $y_i$ ;

$k$  – коэффициент возможного отклонения значения  $y_i$  от оптимального  $y_{i^*}$ .

На рис.2.6 представлены основные свойства эксплуатационной надежности технических систем (ТС).

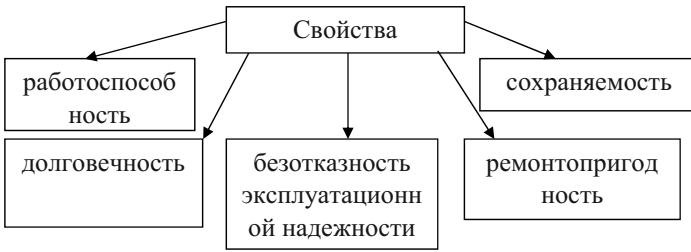


Рис.2.6 Основные свойства надежности ТС

Для характеристики состояния работоспособности какой-либо ТС на  $i$ -том этапе ее эксплуатация принимается вероятность безотказного состояния  $P_i(t_i)$  этой системы при выполнении требуемого этапа эксплуатации в течении заданного времени  $t_i$ .

При этом применительно к вероятности отказа отдельного этапа эксплуатации  $Q_i(t_i)$  следует отметить ряд особенностей:

1. Эта вероятность обусловлена отказом технической части системы или отказом человека работающего с ней (рис.2.7).

При этом для безотказного выполнения этапа должны быть безотказны как техника, так и человек:

$$P_i(t) = P_{i1}(t_i) \cdot P_{i2}(t_{i2}); \quad (2.4)$$

$$Q_i(t_i) = 1 - P_{i1}(t_i) \cdot P_{i2}(t_{i2}); \quad (2.5)$$

где  $P_{i1}(t)$  – вероятность безотказной работы технической части ТС на  $i$ -том этапе ее эксплуатации в течении заданного времени  $t_i$ ;

$P_{i2}(t_{i2})$  - вероятность безотказной работы человека на  $i$ -том этапе эксплуатации ТС в течении времени  $t_{i2}$ ;

$t_{i2}$  – время работы человека в составе системы совместно с ее технической частью при этом  $t_{i2}$  входит в  $t_i$  ( $t_{i2} \leq t_i$ ).

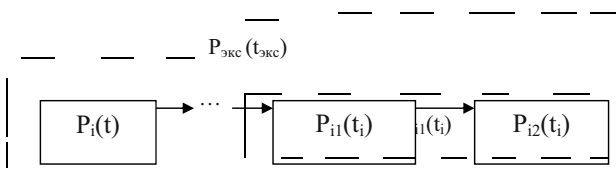


Рис. 2.7 Схема надежности эксплуатации ТС

2. Вероятность отказа не тождественна вероятности опасности, но может входить в нее в качестве необходимого условия.

3. Вероятность безотказного ТС математически может быть определена либо на стадии проектирования системы с помощью анализа соответствующего закона распределения вероятностей, либо уже на стадии эксплуатации системы с помощью статического метода путем соотнесения времени штатного использования системы к общему времени ее эксплуатации.

На рис. 2.8 представлена схема регулирования давления воздуха в шинах в зависимости от буксования.

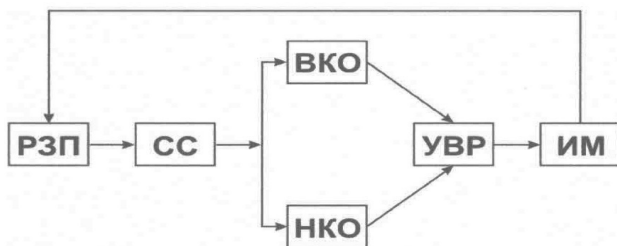


Рис.2.8 Схема определения оптимальных параметров системы  
РЗП – расчетные значения параметров; СС – следящая система; ВКО – верхняя критическая область; НКО – нижняя критическая область; УВР – устройство выработки реакции; ИМ – исполнительный механизм.

На рис. 2.9 представлена схема антипробуксовочного устройства, которая работает следующим образом.

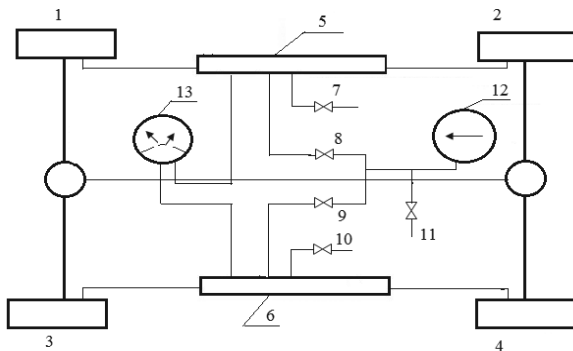


Рис. 2.9 Схема антипробуксовочного устройства:

1,2,3,4 – колеса МТА; 5 и 6 – ресиверы; 7 и 10- электромагнитные клапана на сброс давления; 8 и 9 – электромагнитные клапана на нагнетание давления; 11- редукционный клапан компрессоров; 12 – компрессор; 13 – электромагнитный манометр с двойной системой электроконтактов.

Компрессор подает давление в магистраль, которая подключена к двум ресиверам через собственные электромагнитные клапаны. Каждый из ресиверов снабжен электромагнитным клапаном сброса давления, позволяющий поддерживать заданное с помощью электроконтактного манометра давления в системе, которая обеспечивает необходимое давление в шинах колес.

Электромагнитные манометра имеет 2-шкалы позволяя таким образом устанавливать вручную оператором (водителем) диапазон регулирования давления в шинах ( $P_{\text{верх}}$  ,  $P_{\text{нижн}}$ ) на каждую отдельную группу колес 1,2 или 3,4, можно установить давление в шинах 1,2 ниже чем в 3,4 и наоборот. На шкале электроконтактного манометра нанесены рекомендуемые величины давления в шинах в зависимости от грунтов.

Электромагнитные клапана и электроконтактный манометр имеют электрическую связь, что позволяет давление в шинах поддерживать постоянно автоматически без дополнительного вмешательства.

Таким образом в целях улучшения качества управления МТА определена концепция взаимодействия движителя с грунтом, на основании которой разработан алгоритм управления, учитывающий взаимосвязь между буксованием и параметрами определяющими характер неустановившейся нагрузки.

С помощью использования метода нелинейного программирования обоснован обобщенный математический критерий оптимальности по энергозатратам МТА, который был использован для расчета основных параметров агрегата в целях оптимизации режима буксования.

## **2.4 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАБОТОЙ МТА С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ АДАПТАЦИИ РЕЖИМОВ ИХ РАБОТЫ К РАЗЛИЧНЫМ УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

В числе основных адаптируемых параметров МТА особое место занимает группа параметров, управляемых во время рабочего хода (рис.2.10).

Следует отметить, что буксование  $\delta$  движителей энергомашины зависит от сцепления колес с почвой, ее деформации и тягового сопротивления МТА. При изменении сцепного веса за счет догрузки колеса  $P_g$  и давления в шинах  $P_w$  изменяются тягово-сцепные показатели и, следовательно, буксование.

Динамический радиус качения колеса  $r_k$  зависит от величины радиальной деформации шины, а деформация шины от конструкции и давления воздуха  $P_w$  в ней.

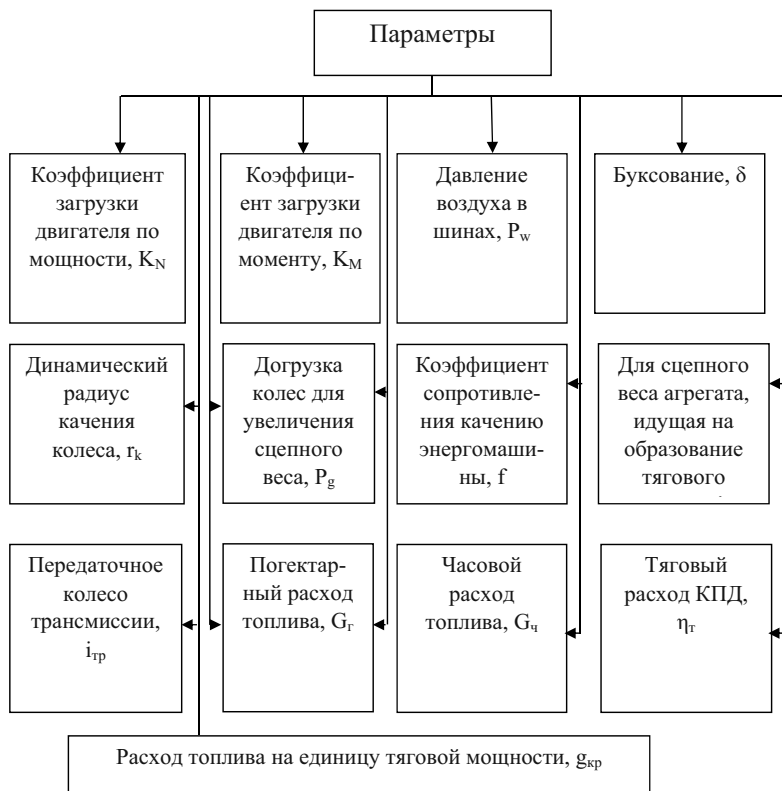


Рис. 2.10 Адаптируемые параметры агрегатов, управляемые во время рабочего хода

При изменении давления изменяются не только  $r_k$ , но и давление на почву  $P_n$ , буксование, рабочая и теоретическая скорости и другие параметры.

При этом коэффициент сопротивления качению энергомашины  $f$  зависит от конструкции шины, давления воздуха в ней, нагрузки на колеса и других параметров, изменяющихся в процессе движения.

Передаточное число трансмиссии  $i_{тр}$  изменяется с помощью системы автоматического управления режимами (САУР) тогда, когда при движении на  $j$ -й передаче управлением скоростным режимом не удастся достичь оптимального нагрузочного режима.

Заметим, что изменение ширины захвата  $B$  возможно в начале технологического процесса и при повороте во времени холостого хода перед числом очередного рабочего хода. При этом САУР должен уметь определить величину изменения ширины захвата, которая зависит не только от сопротивления рабочей машины, но и от способа движения МТА при выполнении технологической операции.

Основные показатели эффективного управления нагрузочным и скоростным режимами работы МТА представлены на рис.2.11

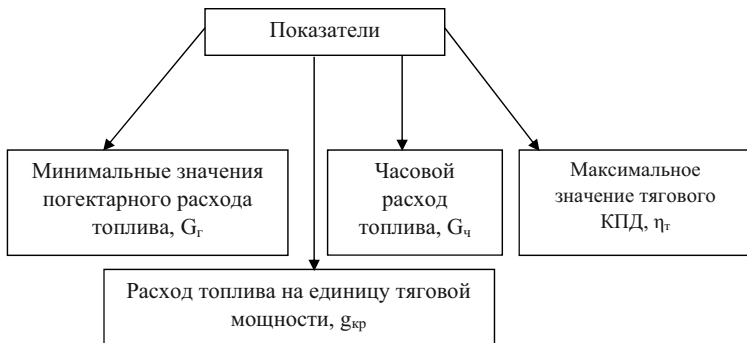


Рис.2.11 Основные показатели эффективного управления режимами работы МТА.

При этом необходимо отметить, что входные параметры в САУР являются случайными величинами.

Так как они подчиняются определенным законам распределения, то все адаптируемые во время рабочего хода параметры и показатели МТА также являются вероятностными величинами.



Практика показывает, что подавляющее количество технических систем (ТС) сельскохозяйственного назначения (в том числе МТА) для определения основных эксплуатационных характеристик может использовать показательный закон распределения вероятностей, в котором в качестве одного из основных вероятностных показателей применяется интенсивность отказов  $\lambda_{ji}$ , ч<sup>-1</sup>. В свою очередь, данный показатель представляет собой величину, обратную наработке времени,  $t_{ji}$ , ч, на один отказ  $j$ -го элемента системы в  $i$ -тых условиях ее эксплуатации:

$$\lambda_{ji} = \frac{1}{t_{ji}}. \quad (2.6)$$

Преимущество и удобство показательного распределения заключается в том, что общая интенсивность отказов  $\Lambda_i$  всей системы в целом на  $i$ -том этапе ее эксплуатации определяется простым суммированием отдельных интенсивностей отказов всех входящих в нее  $N$  элементов:

$$\Lambda_i = \sum_{j=1}^N \lambda_{ji}, \quad (2.7)$$

С учетом формулы (2) вероятность безотказного состояния технической части системы на  $i$ -том этапе эксплуатации в течении заданного времени  $t_i$  определяется следующим образом:

$$P_{i1}(t_i) = e^{-\Lambda_i t_i}. \quad (2.8)$$

Поэтому вероятность хотя бы одного отказа технической части системы  $Q_{i1}$  на  $i$ -том этапе ее эксплуатации составляет:

$$Q_{i1} = 1 - e^{-\Lambda_i t_i} \quad (2.9)$$

При возможности восстановления работоспособности технической части системы после отказа путем проведения ремонта, вероятность безотказного состояния восстанавливаемой технической части системы  $P_{i1}^*(t_i)$  можно определить по формуле:

$$P_{i1}^*(t_i) = P_{i1}(t_i) + [1 - P_{i1}(t_i)]P_g(t_{рем}), \quad (2.10)$$

где  $P_g(t_{рем})$  - вероятность успешного восстановления работоспособного состояния технической части системы в течение времени ремонта  $t_{рем}$ .

После несложных преобразований формула (2.10) будет выглядеть следующим образом:

$$P_{i1}^*(t_i) = 1 - [1 - P_{i1}(t_i)] - [1 - P_g(t_{рем})], \quad (2.11)$$

Это выражение является вероятностью безотказной работы параллельного соединения схемы «горячего» резервирования (рис.2.12).

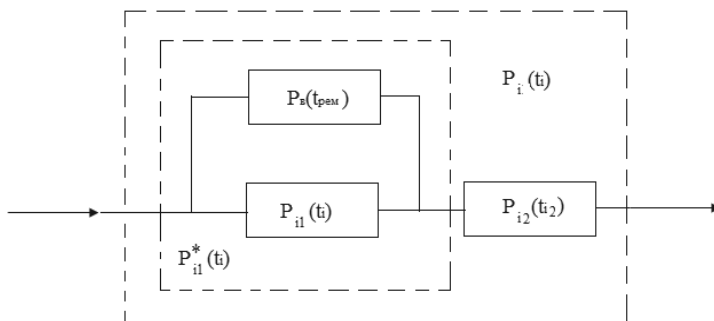


Рис.2.12 Схема надежности  $i$ -го этапа эксплуатации

Такое построение восстанавливаемой технической части системы предполагает, что поиск и восстановление отказа происходят следом за его возникновением в системе. Это вполне отвечает интересам обеспечения высокой эффективности всей системы «Человек-машина» (СЧМ).

Таким образом, выражения (2.10) и (2.11) позволяют утверждать, что восстановительные процессы играют роль функционального резервирования восстанавливаемой СЧМ.

Этот вывод имеет важное значение, т.к. при всей его простоте и очевидности надежность ТС можно повысить практически на порядок и выше благодаря возможности из восстановления.

В реальных условиях в большинстве ТС, независимо от степени их автоматизации, требуется в той или иной мере участие человека.

При этом ошибки по вине человека могут возникнуть в следующих случаях:

- оператор или какое-либо лицо стремиться к достижению ошибочной цели;
- поставленная цель не может быть достигнута из-за неправильных действий оператора;
- оператор бездействует в тот момент времени, когда его участие необходимо.

Как правило, влияние человека на общую надежность систем проявляется в виде комплексной вероятностной характеристики, которая включает в себя следующие показатели:

$$P_{i_4}(t_{i_4}) = P_{icв}(t_{i_4})P_{iбoиu}(t_{i_4}), \quad (2.12)$$

где  $P_{icв}(t_{i_4})$  - вероятность своевременного выполнения заданного объема работ в течение времени  $t_{i_4}$  на  $i$ -том этапе эксплуатации ТС;

$P_{iбoиu}(t_{i_4})$  – вероятность безошибочного выполнения человеком требуемых работ в течение времени  $t_{i_4}$  на  $i$ -том этапе эксплуатации системы.

Для определения вероятности своевременного выполнения заданных функций человеком воспользуемся зависимостью:

$$\begin{cases} P_{icв}(t_{i_4}) = 0 & \text{при } t_{i_4} \leq t_{i_4min}; \\ P_{icв}(t_{i_4}) = 1 - e^{-\mu_i(t_{i_4}-t_{i_4min})} & \text{при } t_{i_4} > t_{i_4min}; \end{cases} \quad (2.13)$$

$$\text{при } t_{i_4} \leq t_{i_4min}; \quad (2.14)$$

где  $\mu_i$  – интенсивность выполнения требуемых работ на  $i$ -том этапе эксплуатации системы;

$t_{i_4min}$  – минимально возможное время выполнения человеком требуемых работ на  $i$ -том этапе эксплуатации ТС.

При этом указанные показатели определяются исходя из параметров нормального распределения вероятности:

$$\mu_i = \frac{1}{\sigma_i}; \quad (2.15)$$

$$t_{i_4min} = M_i - 0,7\sigma_i, \quad (2.16)$$

где  $M_i$  – математическое ожидание времени выполнения заданных работ человеком на  $i$ -том этапе эксплуатации ТС;

$\sigma_i$  - среднеквадратическое отклонение времени выполнения заданных работ человеком на  $i$ -том этапе эксплуатации ТС.

Здесь равенство «0» вероятности своевременного выполнения работ в выражении (2.13) показывает, что у человека практически нет шансов успеть выполнить заданный объем работ. При другом соотношении этих величин времени вероятность своевременного выполнения работ экспоненциально приближается к единице, как это следует из формулы (2.14).

Для количественной оценки значения вероятности безошибочного выполнения человеком заданного числа  $V_i$  однотипных операций с

возможностью среднего статистического количества  $m$  их повторения можно воспользоваться следующей формулой:

$$P_{i\text{бон}}(t_{i\text{ч}}) = \{1 - [1 - P(t^*)]^m\}V_i, \quad (2.17)$$

где  $P(t^*)$  - вероятность выполнения одной из повторяющихся однотипных операций в течении времени  $t^*$ .

При этом время, в течении которого человек может выполнять заданный объем работ с учетом возможности исправления допущенных им ошибок, должно прогнозироваться при соблюдении следующего условия:

$$t^*V_{im} \leq t_{i\text{ч}} \quad (2.18)$$

Как и при восстановлении работоспособности ТС, этот вид функционального резервирования может быть отображен графически на схеме эксплуатационной надежности в форме параллельного соединения вероятности выполнения одних и тех же операций (рис.2.13).

Такая схема позволяет проводить качественный и количественный анализ, после чего выделяются слабые с точки зрения надежности места в структуре ТС и порядке ее эксплуатации.

Это позволяет снизить вероятность возникновения каких-либо отказов в работе ТС и в целом.

Таким образом, установлено, что основные показатели эффективности управления режимами работы МТА, являющиеся случайными величинами, подчиняются определенным законам распределения.

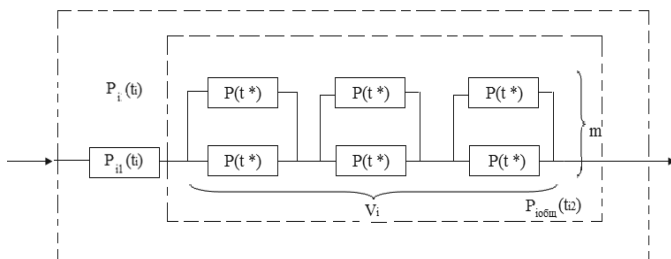


Рис. 2.13. Схема надежности  $i$ -го этапа эксплуатации ТС и с учетом возможных сбоев оператора.

На основе этих законов можно исследовать надежность на различных этапах ТС как восстанавливаемых, так и систем, работающих с возможным сбоем по вине человеческого фактора. При этом автоматизированное управление работой ТС (и в частности МТА) с обеспечением адаптации режимов их работы как к различным условиям эксплуатации, так и к разным природно-климатическим условиям, возможно только после обработки математической модели и определения законов распределения, определяющих работу исследуемой системы.

## **2.5 ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ МТА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НА НИХ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ**

Каждый объект АПК имеет свои специфические особенности и условия работы. Особый интерес представляют факторы и условия, которые оказывают наибольшее влияние на показатели работы МТА. С учетом этих факторов разрабатываются соответствующие математические или имитационные модели.

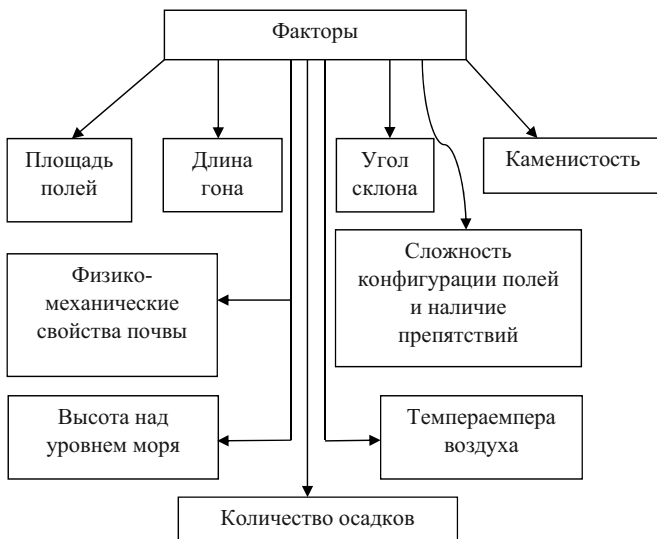


Рис.2.14. Факторы, влияющие на показатели работы МТА

На рис.2.14 представлены основные факторы, воздействующие в той или иной мере на работу МТА

Кроме того, на работу МТА оказывают влияние следующие факторы:

- вид технологической операции;
- вероятностный характер тягового сопротивления рабочих машин;
- рельеф местности; и др.

На рис.2.15 представлены основные производственные факторы, оказывающие наибольшее влияние на работу МТА.

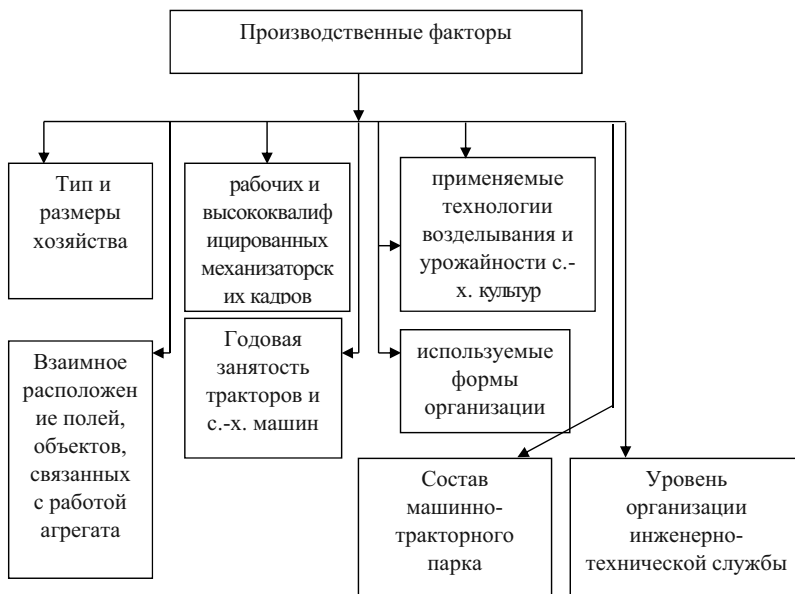


Рис.2.15. Основные производственные факторы, оказывающие влияние на работу МТА

Для сокращения количества типоразмеров МТА и достижения максимального соответствия их показателей внешней нагрузке необходимо регулирование параметров до начала выполнения операции и управления некоторыми из них во время рабочего хода.

При выполнении рабочего хода многообразие воздействующих случайных факторов приводит к нарушениям энергетического и технологического режимов.

При этом возникающие перегрузки двигателя, колебания рабочей скорости ведут к снижению производительности, увеличению расхода топлива, ухудшению качества выполнения технологического процесса, снижению тягового КПД и других показателей агрегатов.

Поэтому для снижения отрицательного воздействия внешней среды необходимо управление режимами рабочего и холостого хода МТА.

В этой связи, представляют интерес различные конструкции МТА как отечественных, так и зарубежных разработчиков.

На рис.2.16 показано устройство для контроля давления воздуха в шине транспортного средства.

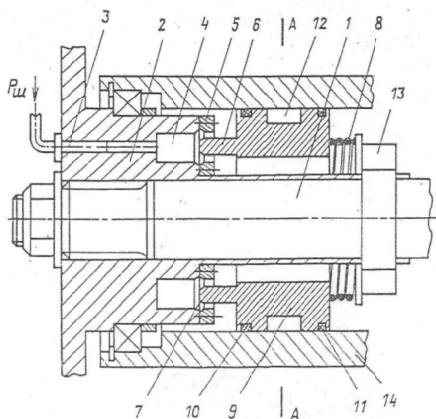


Рис.2.16. Устройство для контроля давления воздуха в шине.

Целью устройства является упрощение процедуры ежедневного обслуживания шин путем обеспечения возможности контроля давления воздуха также и на стоянке. Диафрагма 7, воспринимающая давление воздуха, установлена на ступице 2 и сопряжена с торцом трехступенчатого цилиндра 9, установленного внутри балки моста 14.

Положение цилиндра 9 может регулироваться с помощью пружины 8 и регулировочной гайки 13. При отклонении давления в шине от нормы цилиндр 9 перемещается и перекачивается своими поясками отверстие в балке моста.

На концах отверстия оппозитно установлены лампа и светофор, включенный в электрическую систему сигнализации. Указанное отверстие выполнено по хорде балки моста со смещением от ее оси на расстояние, меньшее диаметра внутренней поверхности балки, но большее диаметра меньшей ступени цилиндра 9.

На рис.2.17 изображено устройство для сигнализации падения давления в шине движущегося автомобиля.

Цель этого устройства – повышение надежности работы. Оно снабжено датчиком оборотов карданного вала, элементами «He» и Т – триггером, выход которого соединен с другим входом первого элемента «И», соединенного выходом через один из элементов «He» с одним из входов второго PS - триггера, выход которого соединен с одним из входов сигнального блока, а другой вход - с одним из выходов первого PS – триггера, другой выход которого соединен со входом второго счетчика, выходы которого соединены с другими входами сигнального блока и одними из входов второго, третьего, четвертого и пятого элементов «И», другой вход каждого из которых соединен с одним из датчиков оборотов колес, а выходы через элемент ИЛИ и второй элемент He соединены со входом Т – триггера и другим входом первого PS – триггера, первый выход которого соединен дополнительно с одним из входов третьего элемента И, второй и третий входы которого соединены с датчиком поворота и оборотов карданного вала, а выход через третий элемент HE – со вторым первым счетчика.



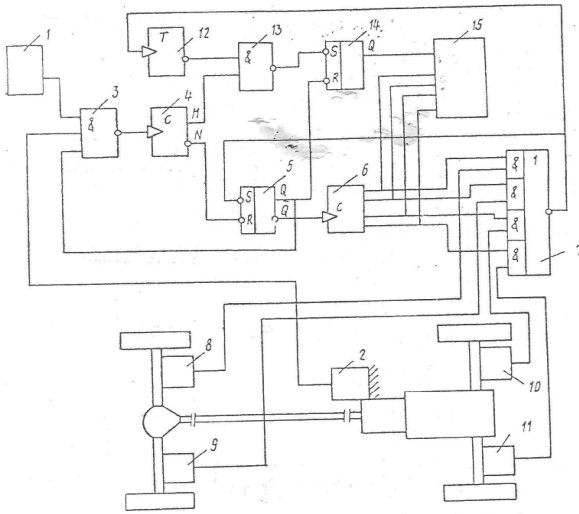


Рис. 2.17. Устройство для сигнализации падения давления в шине.

Это устройство содержит датчик 1 поворота, блокирующий схему при поворотах, блокирующей схему при поворотах, бесконтактный импульсный датчик 2 оборотов карданного вала, логический элемент 3 ЗИ- НЕ, n- разрядный двоичный счетчик 4, первый PS – триггер 5, 2 – разрядный двоичный счетчик 6, логический элемент 2 И-4 ИЛИ – НЕ 7, бесконтактные датчики 8-11 оборотов колес, Т – триггер 12, логический элемент 2 И-НЕ 13, второй PS – триггер 14, сигнальный блок 15.

На рис. 2.18 и 2.19 представлено устройство для контроля давления воздуха в шине транспортного средства во время движения. При этом на рис.2.18 изображена полуось колеса этого устройства, разряд по диафрагменной камере; на рис.2.19 – электронная схема системы сигнализации.

Устройство работает следующим образом.

Трехступенчатый конец штока 6 установлен в центральном отверстии 7 таким образом, чтобы при соответствии давления воздуха в шине норме, отверстие 14 в полуоси не перекрывалось. В этом случае световой сигнал лампочки 10 поступает на два светодиода 12 и 13.

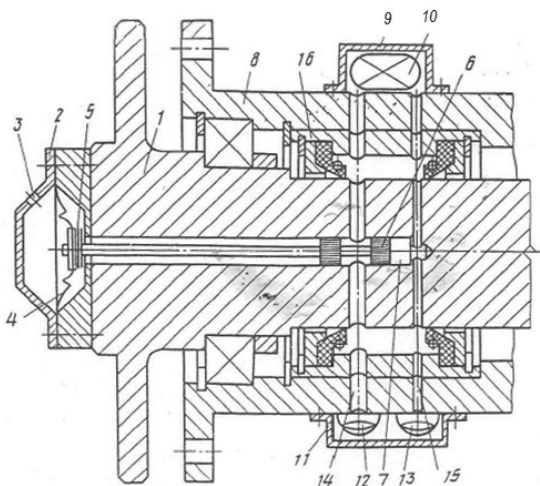


Рис.2.18. Устройство для контроля давления воздуха в шине.

При этом на логическом блоке И 17 появляется сигнал, который поступает на S - вход триггера 19, а сигнал на выходе компаратора 18 отсутствует.

Из триггера сигнал поступает в логический блок НЕ 20 и на усилитель 22, а следовательно, и на блок 26 индикации сигнал будет отсутствовать.

При снижении или повышении давления воздуха в шинах выше допустимого значения трехступенчатый конец штока 6 перекрывает отверстие 14, и в цепи светодиода 12 сигнал будет отсутствовать. В этом случае на выходе логического блока И 17 также будет отсутствовать сигнал, а на выходе компаратора 18 появится сигнал, который был на выходе триггера 19.

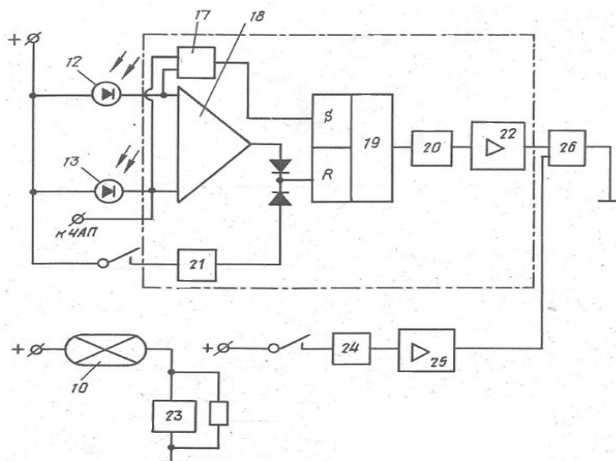


Рис.2.19 Электронная схема системы сигнализации.

Тогда на усилителе 22 появится сигнал, который передаст на блок индикации информацию об отключении давления воздуха в шинах от нормы. светодиоды 12 и 13 подобраны таким образом, что работа системы не зависит от освещенности.

На рис. 2.20 показано устройство для определения колес с пониженным давлением воздуха в шинах.

Оно позволяет повысить надежность за счет исключения механических контактов из цепей сигнальных устройств и обеспечить однозначность и простоту определения шин с пониженным давлением.

Для этого каждая электрическая цепь 7 датчика 1 давления снабжена сопротивлением 3, через которое подключена к цепи звукового сигнализатора 6, и посредством индивидуальных отказов 8 связана с неподвижными контактами коммутатора 2, общий подвижный контакт которого соединен с цепью включения звукового сигнализатора 6.

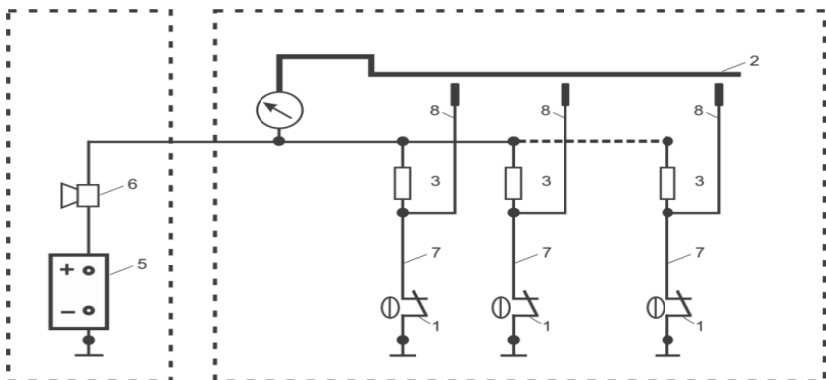


Рис. 2.20 Устройство для определения колес с пониженным давлением воздуха в шинах.

На рис. 2.21 представлено устройство для контроля давления в шинах автомобиля.

Устройство имеет закрепленный радиально в отверстии обода колеса манометрический включатель, срабатывающий от давления в шине.

Он имеет полость опорного давления, которая определяется от полости шины электропроводной мембраной, расположенной параллельно беговой поверхности шины.

Для повышения порога срабатывания с ростом скорости на мембране размещена дополнительная масса. В полость опорного давления вставлен электроизолированный контакт, с которым при достаточном давлении в шине контактирует средняя зона мембраны для замыкания тока цепи.

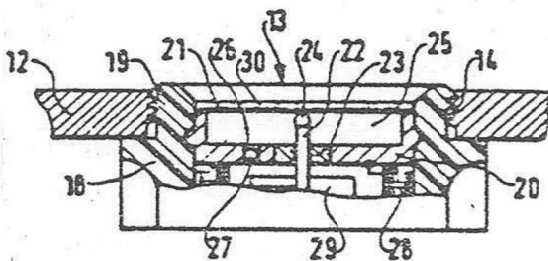


Рис.2.21 Устройство для контроля давления в шинах автомобиля.

Состояние этой цепи контролируется установленным в автомобиле приемником со схемой оценки (соединение с датчиком беспроводное). Устройство отличается тем, что мембрана 21 со стороны полости шины 11 открыта, а дополнительная масса 30 нанесена слоем на одну сторону мембраны и состоит из материала, модуль упругости которого  $< 0,1$  модуля упругости мембраны 21.

Двухфункциональное устройство для измерения давления в шине содержит корпус с измерительной шкалой для регистрации давления воздуха в шине и измерения глубины протектора. На шкале имеется нулевая отметка. В корпусе расположено седло, в котором с возможностью вращения установлена ось, несущая индикаторную иглу.

Имеется также подвижный стержень и приспособление для взаимодействия с вращающейся осью. При перемещении стержня в продольном направлении, ось поворачивается, обеспечивая указание результатов, измеряемых иглой, на шкале.

У входного конца корпуса расположен поджатый пружиной поршень для взаимодействия с одним концом стержня. Когда входной конец взаимодействия с вентилем шины, поршень под действием сжатого воздуха перемещается, преодолевая силу поджатия пружины. При этом второй конец стержня выходит наружу из выходного конца корпуса. На шкале указывается величина давления воздуха в шине.

Подвижный стержень имеет стопорный палец для взаимодействия с указанным седлом и ограничения втягивания стержня в корпусе, что соответствует нулевой отметке на измерительной шкале.

Когда второй конец подвижного стержня выступает на определенное расстояние из выходного конца; второй конец может быть введен в канавку протектора, а выходной конец – установлен на поверхности на качения шины. На указанной шкале при этом указывается глубина канавки.

На рис.2.22 изображено устройство для регулирования давления в шинах транспортных средств во время движения, главным образом транспортных средств с сельскохозяйственным прицепом.

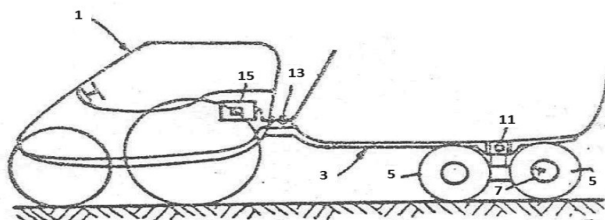


Рис.2.22 Устройство для регулирования давления в шинах транспортных средств во время движения.

Устройство содержит поворотное уплотнение 7, в опорах колес, в шинах 5 которых регулируется давление на ходу, а также ресивер или источник воздуха высокого давления 15, манометр для контроля давления воздуха и распределительный 3 – канальный вентиль 11, управляемый с бортового щитка транспортного средства, где предусмотрена визуальная индикация.

Воздушный ресивер или источник давления 15 соединен с шиной 5 с двумя каналами вентиля, в то время как третий канал находится в отводном от первых двух положений и открывается (или закрывается) во внешнюю атмосферу.

Выше рассмотренные устройства решают поставленную задачу (например, повышение надежности, упрощение конструкции, контроль давления в шинах и др.). Однако, в практике сельскохозяйственного производства довольно часто требуется управлять режимом буксования при исследовании параметров и показателей работы МТА.

На рис. 2.23 представлена электропневматическая схема управления антипробуксовочным устройством.

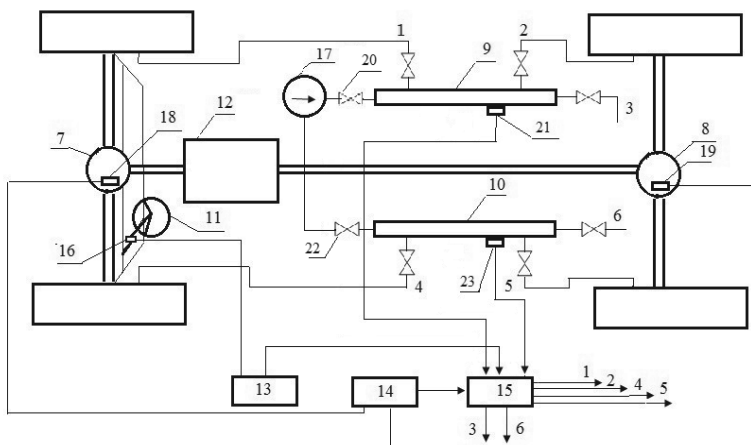


Рис.2.23. Электропневматическая схема управления антипробуксовочным устройством: 1,2,3,4,5,6 – электромагнитные клапана; 7 и 8 – передний и задний мост МТА соответственно; 9 и 10 – ресиверы; 11 – рулевое колесо; 12 - блок коробки передач с раздаткой; 13 – устройство определяющее координату поворота руля;14 – устройство сравнения моментов вращения колес; 15 – центральный компьютер; 16 - датчик угла поворота рулевого колеса; 17 –компрессор; 18 и 19 – датчики вращающего момента колеса; 21, 23 - датчики давления; 20,22 – электромагнитные клапана.

Рассмотрим два варианта работы системы. По первому варианту включены блокировки переднего 7 и заднего 8 мостов. Датчик 18 дает сигнал пропорционально моменту вращения колес переднего моста 7, датчик 16 дает координаты угла поворота рулевого колеса 11. Датчик 19 дает сигнал пропорциональный моменту вращения колес заднего моста 8. Сигналы с датчиков 18 и 19 поступают на устройство сравнения моментов вращения колес 14. С датчика 16 сигнал поступает на устройство определяющее координаты поворота руля 13. Сигналы с устройств 13 и 14 поступают на центральный компьютер 15. После обработки сигналов центральный компьютер дает сигналы на электромагнитные клапаны 1,2,3,4,5,6. В результате чего происходит сброс или подкачка давления в шинах мостов 7 и 8.

Компрессор 17 подает давление в магистраль которая подключена к двум ресиверам 9, 10 через собственные электромагнитные клапаны. Каждый из ресиверов снабжен электромагнитными клапанами сброса давления, позволяющий поддерживать заданное с помощью датчиков давления.

Датчики давления 21, 23 установлены на каждом ресивере и связаны с компьютером 15.

По второму варианту мосты 7 и 8 разблокированы. С датчиков 18 и 19 поступают два сигнала на устройство сравнения моментов вращения колес 14. В остальном цикл работы устройства повторяется.

## **2.6 ОСОБЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ**

Удельный вес валовой продукции горной зоны составляет лишь 10-15% всей сельскохозяйственной продукции страны. Это в основном объясняется низкой производительностью труда и не-высоким уровнем механизации.

Основной причиной неудовлетворительного состояния механизации в горном земледелии является отсутствие высокоэффективных средств мобильной энергетики, в частности, соответствующих конструкций тракторов для работы в горной местности с такими же высокими, номинально предусматриваемыми для равнинных условий, технико-экономическими показателями.

К числу основных факторов, отрицательно влияющих на весь комплекс эксплуатационных свойств и рентабельность использования трактора, можно почти без исключения отнести все характеристики горной местности, отличающие ее от равнинных условий.

Ниже приводятся основные особенности, характеризующие горную местность. В числе таких рассматриваются почвенно-климатические, рельефные и др. условия горных сельскохозяйственных земель.

Сельскохозяйственные угодия горных территорий, как правило, заходятся также и в условиях жаркого климата.



Основными, характеристиками окружающего воздуха в таких условиях являются: высокая температура и длительность ее воздействия, низкая относительная влажность, большая запыленность и др.

Здесь особое значение приобретает высота местности над уровнем моря, однозначно сказывающаяся на величину разряжения воздуха.

Разряжение воздуха существенно отражается на работе тракторных дизелей в целом и его основных систем (питания, смазки, охлаждения) - в частности. Отрицательными последствиями, обуславливаемыми разряжением воздуха, являются: снижение мощности и топливной экономичности ДВС; выброс токсических веществ в атмосферу выше допустимых норм; повышение дымности тракторных дизелей; необходимость предусмотрения дополнительных конструктивных изменений или проведение дополнительных регулировочных мероприятий по нормализации работы основных систем двигателя и т.д.

Отмеченные выше другие факторы, характеризующие атмосферные условия горной местности, а также в той или иной степени отрицательно сказываются на работе тракторных дизелей: ухудшают общие условия их эксплуатации; значительно повышают степень абразивного компонента износа трущихся деталей; снижают показатели надежности и долговечности; ухудшают топливную экономичность и т.п.

При оценке сельскохозяйственных земель горной местности весьма существенными являются характеристики рельефа местности, который оценивается углом склона, степенью сложности и видом контура.

Величина угла (крутизна) склона является наиболее существенным фактором, лимитирующим возможность использования сельскохозяйственных агрегатов с колесными и гусеничными тракторами. Значения угла склона определяются непосредственными замерами. Определение степени сложности склона носит несколько условный характер. Весьма существенное значение при оценке горных земель приобретает вид сложности рельефа, т.е. конкретная форма склона.

С целью исследования задач прямолинейного или криволинейного движения трактора (тракторного агрегата) в достаточно полной степени форму склона можно задать вектором кривизны

горизонталей данного участка. При значении кривизны горизонталей, равной нулю, имеем склон с "чисто" поперечным уклоном, а в других случаях склоны с вогнутыми и выпуклым горизонталями. Вместе с этим следует отметить, что эта задача в значительной степени усложняется при учете реального микрорельефа горной местности, характеризуемого сильной пересеченностью и мелкоконтурностью обрабатываемых участков. Почвенные условия горных земель обладают большой изменчивостью, что в значительной степени влияет на стабильность выполняемых технологических процессов по их обработке, а также отражается на весь комплекс эксплуатационных свойств тракторов и тракторных агрегатов. Вид, состояние, физико-механические свойства, характеристики микронеровностей почв, используемых под горные сельскохозяйственные угодья определяет, в первую очередь, тягово-сцепные и экономические показатели применяемых тракторов и тракторных агрегатов. В конкретных климатических условиях, а также при использовании той же сельскохозяйственной машины (орудие), сочетание характеристик почв и склонов становится определяющим фактором эффективности применения того или другого трактора.

## **2.7 АНАЛИЗ РАБОТЫ ТРАКТОРОВ НА СКЛОНАХ**

Постоянное изменение физико-механических свойств горных земель, а также сложный, геометрически неправильный рельеф полей, вызывают нарушение стабильности работы тракторного агрегата. В таких условиях для обеспечения возможности преодоления временных сопротивлений наряду с кинетической энергией движущихся масс трактора и агрегата, весьма существенное значение приобретает неизменность коэффициента приспособляемости двигателя.

В общем случае соответствие тракторного дизеля к горным условиям следует оценить степенью сохранения количественного и качественного характера мощностных и экономических параметров его различных характеристик, снятых в нормальных условиях. При анализе работы тракторов на склонах среди всего комплекса его эксплуатационных свойств, на первый план выдвигаются вопросы, связанные с исследованиями устойчивости и управляемости.

Эффективная механизация горного земледелия предусматривает использование средств тяговой энергетики, в частности тракторов, по обработке земель, расположенных на склонах с крутизной до 20°. Вместе с тем установлено, что предельные значения углов склона, при которых могут использоваться трактора равнинного назначения, у колесных составляют (6-8)°, а у гусеничных- (10-12)°.

Многочисленными исследованиями установлено, что работа тракторных агрегатов в направлении горизонталей контура склона обеспечивает наибольшую эффективность использования тяговой мощности и предотвращает водную эрозию почвы. При этом, если нарушение курса гусеничных тракторов вызывается лишь "чисто" сползанием, то у колесных тракторов оно слагается сползанием (скольжением) в боковом направлении или предшествующим сползанию, боковым уводом колес с эластичными шинами, а также боковой деформацией почвы.

Поглощающая и демпфирующая способности эластичных в нормальном направлении шин тракторного колеса, нагружаемого в процессе эксплуатации пульсирующими нормальными силами, обуславливаемыми физико-механическими свойствами обрабатываемого агрофона и характером его микронеровностей в сочетании с кинематикой и жесткостными характеристиками подвески переднего моста в значительной степени определяют плавность хода трактора, следовательно уровень и частоту колебаний рабочего места тракториста, т.е. компонент комфортабельности трактора.

Увод эластичных в боковом направлении шин тракторных колес играет весьма существенную роль, как в сохранении курса движения трактора (агрегата) поперек склона, так и при различных маневрах направленных на выполнение технологических операций по обработке почв, т.е. при криволинейном движении, примечательно то, что увод не подвержен ликвидации никакими средствами противозащиты. Увод возникает, начиная с незначительных величин, действующих на колесо, боковых сил. Причиной возникновения увода являются микронеровности агрофона, люфты в рулевом управлении и нарушения геометрии (перекос) ходовой части трактора, технологическая асимметричность шин, неодинаковость коэффициента сцепления колес с опорой, наклон колеса к нормали агрофона, угол склона, боковой ветер и др.

Крутизна склона и геометрическая неправильность контуров обрабатываемых земель затрудняют поворот тракторных агрегатов, нарушая его симметричность в конце гона. В таких условиях, в целом, ухудшается управляемость тракторного агрегата при поворотах, а выполнение самих поворотов характеризуется специфическими особенностями.

В условиях мелкоконтурности обрабатываемых участков весьма существенное значение приобретает маневренность и вписываемость тракторного агрегата. Это в значительной степени относится к величине радиуса горизонтальной проходимости самого трактора, а также кинематике поворота навесного или прицепного сельскохозяйственного агрегата.

В настоящее время разработаны критерии оценки продольной и поперечной статической устойчивости тракторов с навесными и прицепными устройствами. Ими являются предельные значения углов подъема (уклона) или склона, именуемые "критическими", которые аналитически точно определяются из уравнений статики неподвижного заторможенного трактора (агрегата) при условии равенства нулю нормальных реакций почвы (опоры) на наименее нагруженные передние (задние) или вверх по склону расположенного борта трактора, колес т.е. существует возможность оценки статической устойчивости тракторов в агрегате против опрокидывания в продольном и одиночного трактора в поперечном и продольном направлениях.

Вместе с тем, поперечную и продольную статическую устойчивость тракторов принято оценивать и предельными значениями углов наклона опорной поверхности, вызывающими нарушение условия сцепления в соответствующих направлениях, т.е. значениями углов наклона опоры, определяющими начало сползания (скольжение) одной оси или трактора в целом. Этот показатель статической устойчивости по сравнению с величиной критических углов опрокидывания может иметь меньшее значение, следовательно, сыграет определяющую роль при предварительной оценке применимости трактора для работы на наклонных поверхностях с заданной крутизной.

Анализ критериев статической устойчивости тракторов показывает, что в общем случае они являются функциями следующих величин: сил тяжести и координат ц.т. трактора; базы и

колеи трактора; коэффициентов сцепления движителей с опорной поверхностью в продольном и поперечном направлениях.

Для оценки динамической устойчивости трактора (агрегата) в настоящее время предложен ряд критериев, учитывающих в той или иной степени влияние комплекса факторов, характеризующих конструктивную особенность трактора и агрегата, а также сцепные качества, элементы геометрии (угол наклона) и другие характеристики опорной поверхности.

Исследования динамической устойчивости трактора сравнительно полно проведены для случая равномерного движения. Для исследований динамической устойчивости неравномерно движущегося трактора при качественной оценке быстро протекающих процессов, сопровождающих опрокидывание, используется предложенная А.М.Ляпуновым общая теория устойчивости.

Существующие критерии управляемости тракторов, полученные (рекомендуемые) различными исследователями, носят субъективный характер (например, в значительной степени, произвольно устанавливаются значения допустимых коэффициентов разгрузки направляющих колес) и в неполной степени отражают качественную сторону взаимодействия движителей с опорной поверхностью.

Исследования управляемости тракторов сопряжены с изучением таких свойств, как маневренность, вписываемость и проходимость. Эти свойства тракторов для горных условий, характеризующих мелкоконторность, изменчивостью и неправильностью геометрических форм обрабатываемых участков, становятся весьма существенными. Кроме того, что маневренность, вписываемость и проходимость в значительной степени определяют безопасность криволинейного движения (подворот, поворот, разворот), они существенно сказываются на производительность тракторного агрегата, особенно в горных условиях, и тем самым играют существенную роль в оценке и наиболее целесообразном выборе состава агрегата.

Исследования маневренности, вписываемости и проходимости тракторов (агрегатов), являющиеся элементами общей оценки устойчивости и управляемости в целом, носят частный характер и недостаточно освещены в существующей литературе. Особенно,

это относится к исследованиям применительно склоновым условиям горной местности.

Известно, что при работе серийного трактора на склонах возникающая поперечная составляющая силы тяжести вызывает увод (сползание) эластичных колес, перераспределение нормальных реакций опоры по бортам трактора и различное буксование движителей под нагрузкой. Отрицательными последствиями этих явлений являются: снижение мощностно - экономических показателей; нарушение курсовой устойчивости; ухудшение управляемости; снижение производительности, обуславливаемое неизбежным снижением скорости прямолинейного и криволинейного движения тракторного агрегата. Кроме того, в значительной степени повышается психофизиологическая нагруженность тракториста, вызывается дополнительная утомляемость его организма, связанная также с ухудшением условий труда из-за неудобств к приспособленности постоянно изменяющемуся наклону рабочего места.

При создании первых тракторов-склоноходов преследовалась, именно цель избежать перечисленных выше основных недостатков, свойственных (как предполагалось и даже на сегодняшний день принимается) лишь тракторам обычной равнинной конструкции.

Ныне существует целый ряд работ, посвященных исследованиям приспособляемости тракторов-склоноходов к склоновым условиям горного земледелия. Выполненный большой объем работ охватывает исследования конструктивных решений того или иного узла, механизма и систем, а так же попытки оценки основных эксплуатационных свойств склоноходов в целом. При этом уделяется большое внимание исследованиям взаимодействия с опорной поверхностью, определению нагруженности отдельных элементов. Появились работы по оптимизации конструкции с определениями экономической эффективности их применения. Однако, проблемой для склоноходов было и остается создание надежных систем выравнивания вертикального положения остова и колес.

Сохранение вертикального положения колес склонохода (наклон относительно опорной поверхности) влечет обязательное пробуксование одних элементов шины в контактной площадке и проскальзывание - других. В результате появляется момент, действующий в плоскости контакта, и стремящийся повернуть

вектор скорости колеса в сторону от направления скорости его качения. Следовательно, колеса склонохода также подвержены уводу и сползанию. При этом условия работы колес склонохода на склонах по сравнению с колесами тракторов серийной конструкции менее предпочтительны, поскольку из-за постоянного качения с наклоном к опорной поверхности они вызывают более интенсивный износ недешевых шин.

Выравнивание вертикального положения колес склоноходов дополнительно их нагружает гироскопическими моментами, вызывает нежелательные угловые колебания в поперечной плоскости колес. Следовательно, ухудшается стабилизация колес, а при совпадении частот собственных угловых колебаний моста и накладываемых микропрофилем вынужденных колебаний, появляется опасность возникновения резонанса, т.е. потери управляемости.

Таким образом, ныне существующие конструктивные разработки склоноходов не исключают возникновение наиболее нежелательных явлений увода, сползания, буксования. Более того, они вызывают дополнительные причины ухудшения управляемости и устойчивости.

## ГЛАВА 3

# ОПТИМИЗАЦИЯ И НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

### 3.1 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ АГРЕГАТОВ МАШИН ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНЫМИ МЕТОДАМИ

Экспериментально-расчетный прогноз уровня физической надежности наиболее эффективен на стадиях изготовления опытных образцов машины и оборудования природообустройства. Исследованиям подвергается не только готовая конструкция, но и ее образец, в который закладывается технология производства с ее дефектами изготовления и сборки, свойственными для данного производства, то есть отражается культура производства.

Общая схема проведения прогноза представлена на рис.3.1.

Как видно из рисунка, прогноз реализован расчетными методами, но данные для расчетов получены экспериментальным путем. База экспериментальных исследований содержит данные эксплуатационной нагруженности деталей (силовые факторы, напряженно-деформируемое состояние), полученные, как правило, электротензометрированием, и характеристики предельных состояний деталей ( $\sigma_T$ ;  $\sigma_{-1q}$ ; и др.).

Положительным моментом такого прогноза является его относительно высокая точность оценок – погрешность по долговечности, как правило, не превышает 15...20%, отрицательным моментом – необходимость изготовления экспериментального образца машины, что отражается на сроках ввода в серийное производство машины и стоимости проведения такого рода прогноза.

Проводились также экспериментально-расчетные исследования машины в типичных режимах работы.





Рис. 3.1. Схема оценки заданного уровня надежности деталей машины расчетно-экспериментальными методами

На основе оценки загруженности машины по режимам эксплуатации с помощью информационно-измерительных систем

(ИИС) проводились исследования эксплуатационной нагруженности машины в целом и отдельных ее агрегатов во всех типичных режимах работы мелиоративного строительства и АПК.

Эксплуатационная нагруженность характеризуется совокупностью статистических показателей процессов, происходящих в машине, ее системах, агрегатах, сборочных единицах и деталях в условиях рядовой эксплуатации и типичных перегрузках во всех природно-климатических зонах, для которых машина предназначена.

Экспериментальная оценка уровня надёжности агрегатов машин и оборудования машин природообустройства необходимо для создания конкурентоспособных и надежных машин.

Необходимо проводить всестороннюю оценку деталей, сборочных единиц и машины в целом, как на стадии изготовления опытных образцов, так и на стадии серийного изготовления.

Испытания классифицируются по следующим признакам:

- по целям: 1) производственные: предварительные; приемочные; периодические;
- 2) исследовательские испытания: аттестационные; граничные;
- по срокам проведения: ускоренные; неускоренные;
- по методу проведения: разрушающие; неразрушающие;
- по этапам: на этапе производства; эксплуатационные.

Контрольные испытания необходимо проводить для контроля качества продукции.

Предварительные испытания опытных образцов или опытных партий проводятся заводом–изготовителем для решения вопроса о возможности предъявления продукции на государственные, межведомственные или ведомственные испытания.

Приёмочные испытания опытных образцов или опытных партий проводятся для решения вопроса о целесообразности производства и передачи их в эксплуатацию (государственный сектор). Обычно эти испытания проводятся комиссией, назначаемой заказчиком.

Периодические испытания – это контрольные испытания готовой продукции, проводимые периодически в объемах и сроки, установленной нормативно-технической документацией (НТД).

Особое место в общей оценке машин занимают испытания на надежность, которые подразделяются: определительные (надежность опытных образцов); контрольные (надежность серийных образцов); ресурсные; ускоренные.

Для проведения испытаний разрабатываются программы, которые могут содержать многоцелевую направленность и включать вопросы как производственного характера, так и научного.

### **Выводы**

Для повышения уровня надежности агрегатов машин и оборудования природообустройства необходимо предусмотреть следующие основные планы проведения наблюдений:

- план [N, U, N] – под наблюдение поставлено N изделий, наблюдения ведутся до отказа всех изделий или до предельного состояния, отказывающиеся детали не заменяются новыми;
- план [N, U, T] – под наблюдение поставлено N изделий, наблюдения ведутся до установленной наработки, отказавшие детали не заменяются новыми.

## **3.2 РЕМОНТНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АГРЕГАТОВ ТЕХНИКИ ПРИРОДОБУСТРОЙСТВА**

Проведенные исследования затрат на ремонт показали, что в настоящее время 10% от всей выручки за произведенную продукцию ежегодно затрачивается на поддержание машинно-тракторного парка в рабочем состоянии, причем идет их постоянный суммарный рост в расчете на одну списочную (физическую) машину.

Таким образом, для поддержания машин природообустройства в работоспособном состоянии на протяжении всего срока службы вкладываются товаропроизводителями крупные финансовые средства на ремонтно-обслуживающие воздействия.

Длительное, до 90% времени года, пребывание на хранении, в ходе которого возможна утрата ресурса, переводит процессы хранения сельскохозяйственных машин в разряд важнейших для

обеспечения долговечности и безотказности машин природообустройства.

Виды технического обслуживания и перечень работ по каждому виду ТО машины конкретной марки указаны в «Техническом описании и инструкции по эксплуатации» и «Руководстве по техническому обслуживанию машины».

Периодичность ТО техники и других машин природообустройства допускается устанавливать в единицах, эквивалентных наработке (физических гектарах, килограммах или тоннах выработанной продукции и пр.) согласно ГОСТ 20793.

В продолжение всего срока эксплуатации отечественные и зарубежные машины подвергаются, как правило, текущему ремонту.

Периодичность и условия проведения ТО машин приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Периодичность и условия проведения технического обслуживания машин природообустройства

<b>Виды технического обслуживания</b>	<b>Периодичность технического обслуживания, условия проведения</b>
Предпродажное и при эксплуатационной обкатке (ТО-0)	При подготовке, проведении и окончании обкатки
Ежесменное (ЕТО)	Через 10 часов или каждую смену
Первое (ТО-1)	60 мото-ч наработки для комбайнов и сложных самоходных машин; 60 часов основной работы под нагрузкой для несамоходных машин
Второе (ТО-2)*	240 мото-ч наработки для комбайнов и сложных самоходных машин

Перед началом сезона работы ТО-Э	240 часов основной работы под нагрузкой для несамоходных машин
При подготовке к длительному хранению	Не позднее 10 дней с момента окончания периода использования
В процессе длительного хранения	Один раз в месяц при хранении на открытых площадках и под навесом, один раз в два месяца при хранении в закрытых помещениях
При снятии с длительного хранения	За 15 дней до начала использования

\*) ТО-2 дополнительно для комбайнов, сложных самоходных прицепных и сложных стационарных машин по обработке культур, если их ожидаемая наработка за сезон больше 280-300 мото-ч.

Фирма «CLAAS» в руководстве по эксплуатации Доминатор 208 МЕГА II (204, 203, 202) установила следующие виды и регламент ремонтно-обслуживающих воздействий: техническое обслуживание (ТО):

- до начала уборки урожая;
- ежедневное;
- после первых 10 часов работы;
- после первых 100 часов работы;
- через каждые 50 часов работы;
- через каждые 100 часов работы;
- через каждые 200 часов работы;
- ежегодно после 500 часов работы;
- при необходимости (отдельные позиции через 2 года) ;
- после уборки урожая.

Система воздействий в руководстве по эксплуатации представлена в форме таблиц с указанием составной части машины, подвергаемой воздействию, страницы руководства и иллюстрации воздействия (демонтажа, установки, замены, регулирования и т.п.).

С таким же регламентом фирмой «CLAAS» установлены виды и периодичность ремонтно-обслуживающих воздействий на CLAAS ЯГУАР 880 (860, 840, 820).

Фирма «John Deere» для серии 2254, 2256, 2258, 2264, 2266 EXTRA установила ремонтно-обслуживающие воздействия со следующей периодичностью: ежедневно через 10 мото-ч, через первые 50 и 100 мото-ч, через каждые 100, 200, 500, 1000, 1500 и 2000 мото-ч, по необходимости, ежегодно и через каждые 2 года. Такая же система воздействий установлена для серии 6650, 6750 фирмы «John Deere».

### 3.3 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ НА ЭТАПАХ СТАНОВЛЕНИЯ ТЕХНИКИ

Каждый завод или конструкторское бюро должно иметь значительную преемственность в проектировании, технологии изготовления и методах контроля, культуре производства, специальной оснастки производства и испытаний и т.п.

Такой подход позволяет объективно контролировать и сравнивать показатели надежности, полученные расчетным путем и с учетом особенностей создания и эксплуатации.

Целью исследования является определение количественных показателей надежности: ВБР  $P(t)$ , средней наработки на отказ  $T_0$  и др.

Расчет надежности проводят в такой последовательности: на основе анализа работы привода составляют структурную схему для расчета его надежности.

Проектный расчет надежности основывается на использовании  $\lambda$ -характеристик и принятом допущении об их постоянстве в течение гарантийного срока эксплуатации. Такое допущение позволяет применять экспоненциальный закон распределения:

$$P(t) = \exp\left(-\sum_{i=1}^n \lambda_i t\right), \quad (3.1)$$

где  $\lambda_i$  – интенсивность отказов  $i$ -го элемента,

$t$  – время работы изделия,

$n$  – число элементов, последовательно соединенных в структурной схеме расчета надежности.

Проектный расчет надежности, как правило, проводят в двух вариантах.

Первый – с использованием статистических данных интенсивностей отказов или наработок на отказ, полученных в процессе всех видов испытаний.

Второй вариант выполняют по результатам статистических данных интенсивностей отказов или наработок на отказ, полученных в процессе всех видов испытаний и эксплуатации.

Это обуславливается тем, что каждое предприятие имеет значительную преемственность в проектировании, технологии изготовления и методах контроля, культуре производства, специальной оснастки производства и испытаний и т.п. Такой подход позволяет объективно контролировать и сравнивать показатели надежности, полученные расчетным путем (первый вариант) и с учетом особенностей создания и эксплуатации (второй вариант).

Расчет проектной надежности осуществляют по справочным  $\lambda$ -характеристикам. Расчетная формула ВБР функционально законченной  $j$ -й сборочной единицы (прибора).

$$P_j(t) = \exp \left[ - \sum_{i=1}^n (\lambda_{ip} t_{ip} + \lambda_{ixp} t_{ixp} + \lambda_{итр} t_{итр}) \right]; \quad (3.2)$$

где  $\lambda_{ip}$ ,  $\lambda_{ixp}$ ,  $\lambda_{итр}$  - интенсивности отказов  $i$ -го элемента соответственно при

работе, хранении и транспортировании;

$t_{ip}$ ,  $t_{ixp}$  и  $t_{итр}$  - время работы, хранения и транспортировании  $i$ -го элемента за период  $T (t_{ip} \leq T)$ .

В справочной литературе приводятся интенсивности отказов как для нормальных, так и для утяжеленных режимов работы. При вычислениях используют формулу пересчета интенсивности отказов при работе в заданных режимах

$$\lambda_{ip} = \lambda_i k_{ip}, \quad (3.3)$$

где  $\lambda_i$  - интенсивность отказов при нормальных условиях работы

( $t_{окр.сп} = 15 \dots 25^\circ C$ , влажность 60%, номинальная нагрузка  $k_i = 1$ );

$k_{ip}$  - коэффициент, учитывающий нагрузку элемента, его температурный

режим, влажность окружающей среды и другие, выбирается по расчетным справочным данным и графикам.

При отсутствии данных о надежности элементов в реальных условиях хранения, транспортирования и ожидания принимают следующие соотношения:

$$\lambda_{xp} = 10^3 \lambda_p; \lambda_{TP} = 1,5 \lambda_{xp}; \lambda_{вэс} = 1,5 \lambda_{xp}.$$

Расчетные формулы средней наработки на отказ при известной интенсивности отказов  $\lambda_i$ , имеют вид

$$\text{для } i\text{-й детали } T_i = \frac{1}{\lambda_i};$$

$$j\text{-й сборочной единицы (прибора) } T_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i};$$

$$\text{привода в целом } T_0 = \frac{1}{\sum_{j=1}^N \frac{1}{T_j}} = \frac{1}{\sum_{j=1}^N \lambda_j},$$

где  $\lambda_j$  - интенсивность отказов  $j$ -й сборочной единицы.

Коэффициент готовности при работе с  $\lambda$ -характеристиками определяют как  $K_r = \frac{T_0}{(T_0 + T_e)}$ ,

где  $T_e$  - среднее время восстановления, рассчитываемое по технологическим картам замены отдельных деталей и приборов техники.

При наличии статистических машин по результатам эксплуатации элементы ВБР определяют как

$$P_i = 1 - \frac{m_i}{n_i}, \quad (3.4)$$

где  $m_i$  и  $n_i$  - соответственно числа отказов и циклов испытаний  $i$ -го элемента за время  $t$ .

При  $m_i = 0$  (отсутствие отказов)  $P_{i0}(t) = 1 - \frac{0,5}{(n_i + 2)}$ .

Если в процессе эксплуатации в качестве статистической оценки получена  $T_i^*$  - средняя наработка на отказ  $i$ -го элемента, то ВБР элемента за время  $t$

$$P_i(t) = e^{-\frac{t}{T_i^*}} = \exp\left(-\frac{t}{T_i^*}\right). \quad (3.5)$$



и привода в целом  $T_0^* = \frac{1}{\sum_{j=1}^N \frac{1}{T_j^*}}$ .

Время восстановления  $j$ -й сборочной единицы есть отношение суммарного времени восстановления  $i$ -х элементов за период испытаний или эксплуатации к суммарному числу отказов  $i$ -х элементов за период испытаний или эксплуатации:

$$T_{oj}^* = \frac{\sum_{i=1}^n t_{oi}}{\sum_{i=1}^n m_i}. \quad (3.6)$$

Среднее время восстановления привода в целом

$$T_o^* = \frac{\sum_{j=1}^N T_{oj}^*}{\sum_{j=1}^N T_{oj}^* \sum_{j=1}^N m_j}, \quad (3.7)$$

Коэффициент готовности привода  $K_r = \frac{T_0^*}{(T_0^* + T_o^*)}$ . (3.8)

где  $m_j$  - число отказов  $j$ -й сборочной единицы (прибора).

### 3.4 ДОСТИЖЕНИЕ ЗАДАННОГО УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ РАСЧЕТНЫМИ МЕТОДАМИ

Расчетный прогноз уровня физической надежности наиболее эффективен на ранних стадиях проектирования, до изготовления макетов и опытных образцов конструкций.

Вероятностные методы расчета на усталость элементов конструкции обладают рядом преимуществ перед методами, основанными на детерминистических представлениях (расчеты по запасам прочности, по допускаемым напряжениям и т.п.), поскольку позволяют учитывать изменчивость параметров спектров действующих напряжений и рассеивание характеристик выносливости и дают возможность охарактеризовать их влияние на вероятность разрушения.

Необходимо иметь в виду, что некоторые конструктивные и технологические варианты деталей, обладающие высокими

показателями прочности по средним значениям, а значит, и наиболее выгодные по сравнению с другими вариантами при обычных методах расчета, могут оказаться менее надежными из-за большого рассеивания характеристик прочности.

При вероятностной оценке долговечности элементов конструкции, испытывающих переменные нагрузки, необходимо знать не только средние значения пределов выносливости и долговечности, но и характеристики их рассеивания, в частности, коэффициенты вариации пределов выносливости натуральных деталей.

Однако проведение испытаний на усталость (в статистическом аспекте) весьма затруднительно из-за потребности большого количества натуральных деталей (обеспечение репрезентативности выборки). Кроме того, значительные трудности возникают и при имитации эксплуатационных нагрузок.

Поэтому важное значение имеет разработка рациональных методов оценки рассеивания характеристик выносливости натуральных деталей по результатам испытаний образцов и моделей.

Рассеивание характеристик выносливости натуральных деталей серийных и массовых конструкций обусловлено:

1) микроскопическими источниками рассеивания, связанными со структурой неоднородностью металла – размерами, формой и ориентацией зерен, наличием фаз, включений, искажений кристаллической решетки, случайными изменениями в микрогеометрии и структуре поверхностного слоя и т.д.;

2) разбросом механических свойств металла одной марки, но различных плавок, отклонениями в процессе обработки детали, например, в режимах термической обработки при закалке различных партий деталей, а также видов заготовительных операций – ковка, штамповка, прессование и т.п.

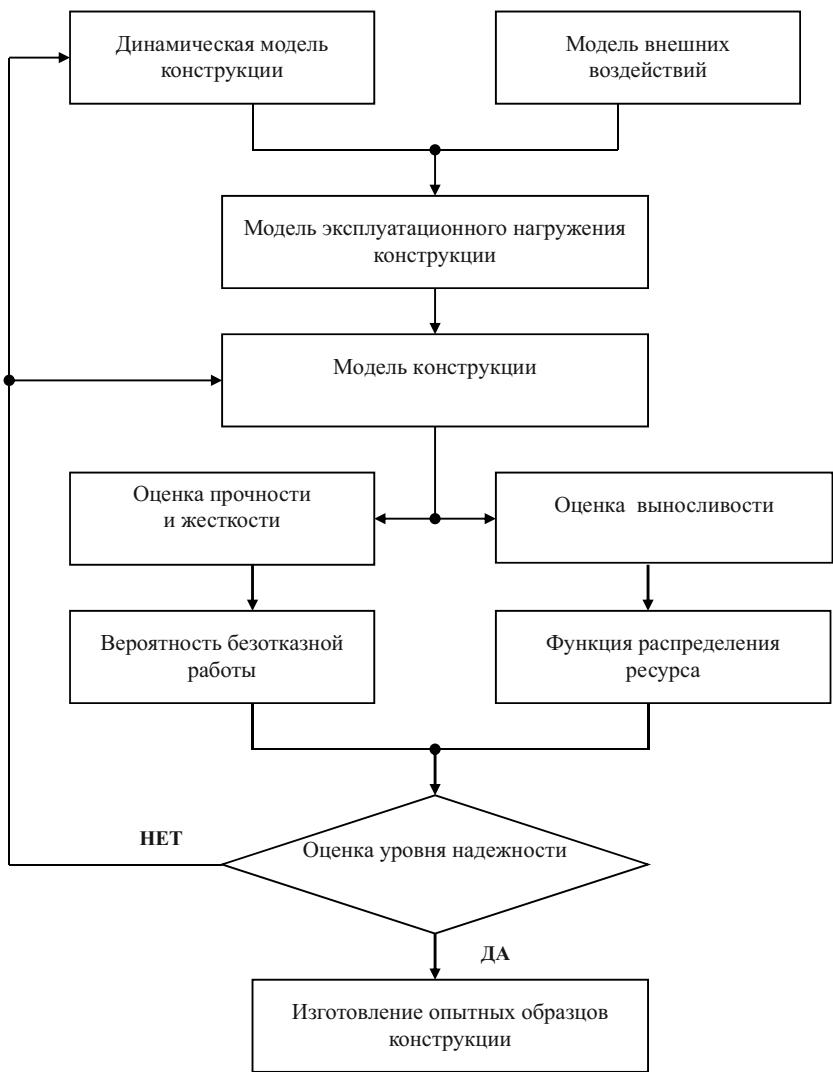


Рис.3.2 Схема достижения заданного уровня надежности элементов машин расчетными методами

3) отклонениями фактических размеров деталей от номинальных в пределах полей допусков. Особенно существенное влияние на выносливость деталей оказывают погрешности радиусов кривизны в зонах концентрации напряжений – галтели, канавки, и т.д.;

4) технологическими факторами: сваркой, поверхностным упрочнением, покрытием, и т.д.;

5) эксплуатационными факторами: колебаниями температуры, коррозией, появлением поверхностных повреждений в процессе эксплуатации, изменением величины зазора в сочленяемых деталях и т.д.

Расчетный прогноз уровня физической надежности наиболее эффективен на ранних стадиях проектирования, до изготовления макетов и опытных образцов конструкций.

Прогноз реализуется на базе информации о внешних воздействиях во всех предполагаемых режимах использования машин, математических моделях эксплуатационной нагруженности машин в целом и каждого рассматриваемого элемента, модели работоспособности детали при возможных характерах их повреждений.

Прогнозирование уровня надежности элементов машин расчетными методами может быть осуществлено по схеме, представленной на рис.3.2

### **3.5 ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОПРИВОДОВ ПОГРУЗЧИКОВ**

Надежность технической системы зависит от надежности составляющих ее элементов. При этом решающее значение имеет структура системы. Из высоконадежных элементов можно получить в целом ненадежную систему, а из элементов с относительно невысокой надежностью – систему с высоким уровнем надежности. Параметр сложного потока отказов равен сумме параметров потоков его составляющих. Например, рассматривая поток отказов автопогрузчика, разбивают его на потоки отказов механических, гидравлических, электронных систем. Для более детального анализа характера и причин отказов

строят так называемую схему Исикава, или диаграмму, характеризующую удельный вес различных отказов всей системы (диаграмма Парето). При анализе отказов регулируемого объемного гидропривода строят схему Исикава, в которой “ветви” характеризуют слабые элементы гидропривода: уплотнения, золотниковые распределительные устройства, механические и электрические элементы, клапаны и фильтры.

На ответвлениях указывают обычно виды и характер отказов, например, “износ уплотнений”, “засорение фильтра”, “повышение усилия золотника при распределители” и др.

Процессы трения и изнашивания являются достаточно сложными, вызывающими изменение технического состояния изучаемых систем и механизмов и зависящими от характера и вида трения, состояния трущихся поверхностей, физико-механических свойств деталей, условий смазывания, режимов их работы, вида процесса, проходящего в отдельных элементах и системах, и т.д. В рабочих органах автопогрузчиков, строительных и дорожных машин около 90...95% сопряженных деталей изнашиваются трением скольжения. Основными количественными характеристиками трения являются силы трения.

При эксплуатации погрузчиков значительная часть времени приходится на подъем-опускание груза, работу гидроцилиндров наклона. При этом при подъеме груза в гидроцилиндре грузоподъемного механизма происходит нестационарный процесс, который непосредственно влияет как на характер и износ сопряженных деталей, так и на работоспособность механизма подъема груза.

Эффективность работы автопогрузчика в значительной степени зависит от КПД всей гидросистемы. Основной составляющей КПД гидросистемы является КПД гидроцилиндра грузоподъемного механизма, который зависит от потерь энергии на трение в уплотнительных элементах гидроцилиндра.

Отметим, что для полного представления влияния силы трения на работу грузоподъемного механизма необходимо изучить влияние суммарной силы трения – силы трения в механизме подъема и силы трения непосредственно в гидроцилиндре.

Трение - одно из распространенных явлений в технике. Однако вследствие крайней сложности этого явления и трудности оценки многочисленных факторов, влияющих на него, точных общих

законов трения до сих пор не существует. На практике в случаях, когда не требуется большая точность, все еще продолжают пользоваться эмпирическими законами французского ученого Кулона, а в случаях, когда для определения силы трения требуется большая точность, проводят экспериментальные исследования.

С целью изучения и исследования влияния суммарной силы трения на работу грузоподъемного механизма и надежности гидросистемы в Государственном инженерном университете Армении проводились испытания в лабораторных условиях.

Эксперименты проводились на модельной установке для различных значений величины груза при подъеме и различных скоростей подъема. Во время экспериментов были определены скорости подъема груза весом  $G$  и суммарные силы трения  $F_T$  в подвижных частях подъемного механизма погрузчика. Результаты экспериментальных исследований приведены на рис.3.2 и 3.3. Кривая, описывающая зависимость суммарной силы трения от скорости подъема груза, определяется формулой степенной функции вида  $F=ax^b+c$ .

Принимая, что на координатные оси нанесены модули указанных физических величин, определены значения параметров “а”, “b” и “с” методом наименьших квадратов:  $a=0,001$ ,  $b=1,4$ ,  $c=0,2$ . Исходя из этого, силы трения можно определить по формуле

$$F_T=0.001V_n^{1.4} + 0,2 \quad (3.9).$$

Если во время работы подъемника отключается насос и движение останавливается ( $V_n = 0$ ), в этом случае сила трения не отсутствует, а равняется силе трения покоя, что подтверждается экспериментами, при  $V_n=0$ ,  $F_T=0.2$ .

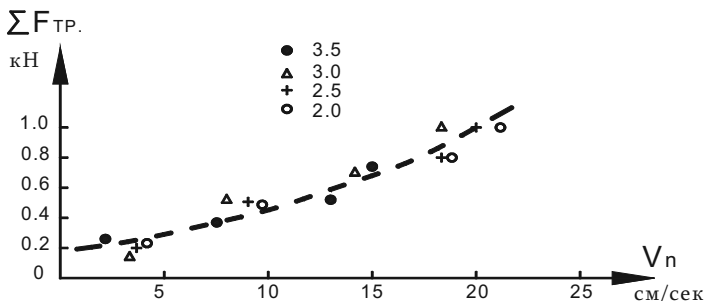


Рис.3.3 Зависимость суммарной силы трения от скорости подъема при разных нагрузках  $G$ (кН)

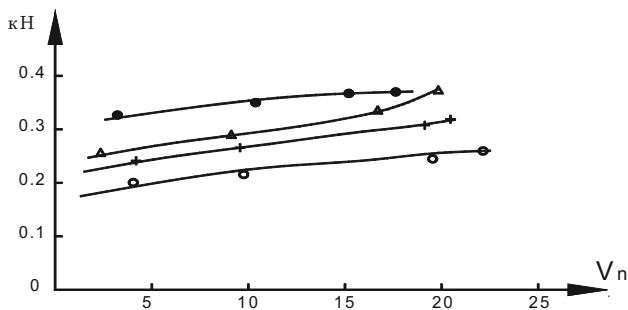


Рис. 3.4 Зависимость силы трения на уплотнениях и манжетах от скорости подъема при разных нагрузках  $G$ (кН)

В последние годы намечается тенденция к повышению рабочих скоростей подъема груза автопогрузчиков, что приводит к повышению производительности машины, и, как следствие, к значительному увеличению силы трения. Это, в конечном итоге, непосредственно эксплуатации авто – и электрпогрузчиков влияет на надежность элементов гидросистемы и КПД. Полученная зависимость позволяет определить оптимальные значения скоростей подъема груза в зависимости от нагрузки, что, в свою очередь, повышает как надежность, так и КПД гидросистемы, а

также может быть рекомендована при проектировании и эксплуатации.

### **3.6 ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА УСТРАНЕНИЯ ОТКАЗОВ В СИСТЕМАХ СЕПАРАЦИИ**

Как правило, любая техническая система состоит из нескольких элементов (узлов, блоков). В нашем случае, в рассматриваемой системе сепарации все ее элементы объединены для удобства расчетов в два блока: механический и электрический.

На рис.3.5 представлена классификация видов надежности систем. В общем случае, надежность каждой системы зависит от надежности ее элементов (блоков) и от того, каким образом элементы объединены в систему и какова функция каждого из них.

При этом под надежностью системы понимается вероятность того, что система сохранит работоспособность на протяжении заданного промежутка времени при использовании ее в определенных условиях (например, в условиях промышленного или сельскохозяйственного производства).

В зависимости от того, каким образом элементы объединены в систему и как они функционируют, системы делятся на:

- простые (без резервирования), т.е. такая техническая система, отказ любого элемента или блока которой равносителен отказу системы в целом;
- резервированные, т.е. система, в которой применяется дублирование (резерв) элементов, чем достигается повышение надежности.





Рис.3.5 Классификация видов надежности технических систем

В зависимости от того когда включается в работу дублирующий элемент, резервирование делится на три вида (рис. 3.6).

Для условий сельскохозяйственного производства в большинстве случаев закон надежности, т.е. вероятность того, что элемент в данных условиях будет работать безотказно в течение времени  $t$ , выражается формулой:

$$P(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right], \quad (3.10)$$

где  $\lambda(t)$  – интенсивность отказов, т.е. среднее число отказов в единицу времени, приходящихся на один работающий элемент.

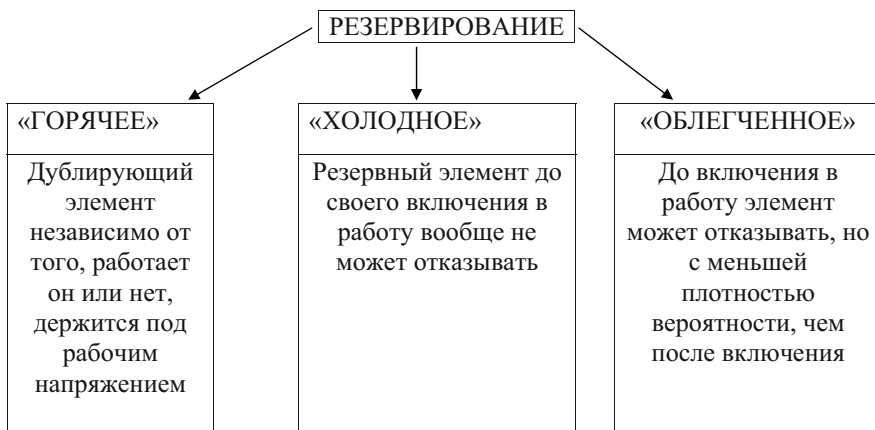


Рис. 3.6 Виды резервирования

В частном случае, когда  $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$ , закон надежности будет экспоненциальный:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (3.11)$$

Функция распределения времени безотказной работы элемента (блока) при экспоненциальном законе надежности имеет вид:

$$F(t) = q(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (3.12)$$

а плотность

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad (t > 0). \quad (3.13)$$

Тогда среднее время безотказной работы элемента будет:

$$\bar{t} = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt = \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (3.14)$$

При экспоненциальном законе надежности время безотказной работы равно:

$$\bar{t} = \frac{1}{\lambda}. \quad (3.15)$$

В сельскохозяйственном производстве экспоненциальный закон надежности встречается, когда элементы эксплуатируются после окончания периода приработки.

При проектировании линий переработки твердых бытовых отходов (ТБО), включающих в себя технологические цепочки модулей сепарации ТБО, определяется оборудование каждого модуля, возможность проведения на его основе последовательных и параллельных процессов. На данном этапе часто возникает необходимость оптимизации работы различных рабочих органов в механизированных и автоматизированных системах переработки ТБО с целью определения оптимальных режимов работы систем в целом и повышения их производительности.

Практика показывает, что в качестве основного критерия оптимальности целесообразно выбрать минимум коэффициента простоя блоков системы сепарации (СС) твердых бытовых отходов.

$$K_m = \frac{m}{m_{\text{оэс}}} \longrightarrow \min, \quad (3.16)$$

где  $m$  – общее количество обслуживаемых блоков СС ТБО.  
Численное значение  $m_{\text{оэс}}$  определяется на основании по формуле:

$$m_{\text{оэс}} = m - (1 - P_0) \left( 1 + \frac{1}{\alpha} \right); \quad (3.17)$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu}, \quad (3.18)$$

$$P_0 = \frac{1}{[1 + m\alpha + m(m-1)\alpha^2 + \dots + m(m-1)\alpha^m]}. \quad (3.19)$$

На основании плотности простейшего потока отказов всей системы сепарации ТБО, определяемой в виде суммы:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 = \frac{1}{\bar{t}_{\text{отк1}}} + \frac{1}{\bar{t}_{\text{отк2}}}, \quad (3.20)$$

а также интенсивности устранения отказов:

$$\mu = \frac{1}{\bar{t}_{уст}}, \quad (3.21)$$

где  $\bar{t}_{уст}$  - средняя продолжительность устранения одного отказа, ч.

Определяется развернутое выражение  $\alpha$  на основании (3.14) и (3.15):

$$\alpha = \left( \frac{1}{\bar{t}_{омк1}} + \frac{1}{\bar{t}_{омк2}} \right) \bar{t}_{уст}.$$

Поскольку функция (3.16) непосредственно минимума не имеет, то при окончательном выборе режима работы следует учитывать также вероятность простоя самого звена обслуживания (ЗО), чтобы оно не было слишком большим.

Из равенства (3.19) следует, что в качестве исходной информации предварительно следует определить наработки на отказ соответственно 1-го блока (механического)  $\bar{t}_{омк1}$  и второго блока (электрического)  $\bar{t}_{омк2}$ , а также среднюю продолжительность  $\bar{t}_{уст}$  устранения отказа.

Следует отметить, что численные значения  $\bar{t}_{омк1}$ ,  $\bar{t}_{омк2}$ ,  $\bar{t}_{уст}$  - могут изменяться в широком диапазоне в зависимости от конкретных условий работы СС ТБО. Например, наработка на отказ сепаратора в значительной мере зависит от крупности ТБО, степени их влажности, твердости и т.п.

Продолжительность устранения отказа  $\bar{t}_{уст}$  будет зависеть не только от вида отказа и используемого оборудования, но также и от степени удаленности СС ТБО от полигона ТБО. Исходя из этого, практический расчет следует производить не от фиксированных значений, а для всего возможного диапазона изменения  $\bar{t}_{омк1}$ ,  $\bar{t}_{омк2}$ ,  $\bar{t}_{уст}$  соответственно  $\alpha$  в (3.18) и (3.19).

На основании [3.18] и [3.19] с учетом всех групп отказов для возможных типов сепараторов, определено усредненное значение  $\bar{t}_{омк1} = 96.5$  ч. Средняя наработка на отказ составляет  $\bar{t}_{омк2} = 11.3$  ч., а усредненное значение  $\lambda$  на основании (3.20) составит:

$$\lambda = \frac{1}{\bar{t}_{отк1}} + \frac{1}{\bar{t}_{отк2}} = \frac{1}{96.5} + \frac{1}{11.3} = 0.11 \text{ ч}^{-1}.$$

Тогда среднюю продолжительность устранения одного отказа в процессе работы  $\bar{t}_{уст}$  в (3.21) на основании статистических данных можно принять в диапазоне  $\bar{t}_{уст} = 1.0 \dots 3.0$  ч.

При этом диапазон изменения  $\mu$  составит:

$$\mu = \frac{1.0}{3.0} \dots \frac{1.0}{1.0} = 0.33 \dots 1.0 \text{ ч}^{-1}.$$

На основании (3.17) и (3.18) получим примерный диапазон изменения:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} = 0.11 \dots 0.33$$

Для практических расчетов округленно принимаем  $\alpha = 0.1 \dots 0.3$ . Выполненные на основании (3.16) – (3.19) расчеты в пределах возможного диапазона изменения  $\alpha$  и количества обслуживаемых агрегатов  $m$  представлены на рис. 1 в виде номограммы.

На этой номограмме во взаимосвязи представлены:

1. все возможные значения  $\alpha$  с учетом формулы (3.19);
2. количество обслуживаемых блоков  $m$ ;
3. соответствующие коэффициенты простоя блоков  $K_m$  и вероятность простоя  $P_0$  самого ЗО.

Благодаря такой форме представления данных имеется возможность решения практических задач, связанных с обеспечением надежной работы СС ТБО с учетом желаемых значений  $K_m$  и  $P_0$ . Для пользования номограммой необходимо предварительно определить с учетом конкретных условий работы численное значение  $\alpha$  в соответствии с (3.19).

Кроме этого, задается также желаемое значение коэффициента простоя блоков  $K_m$ . По указанным значениям  $\alpha$  и  $K_m$  в нижней половине номограммы определяется количество блоков  $m_{онт}$ , которое эффективно может обслуживать одно ЗО.

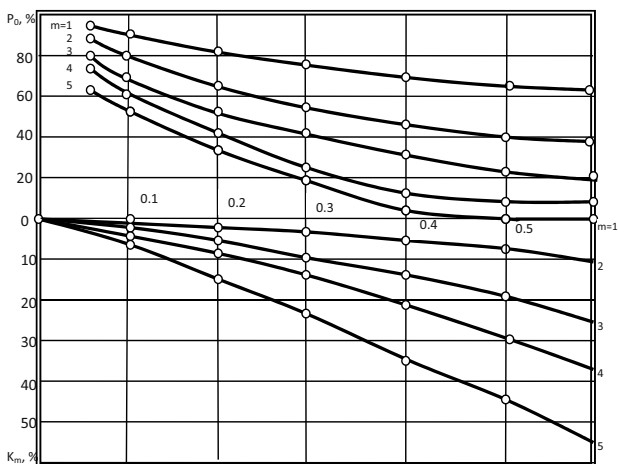


Рис. 3.5. Номограмма для определения показателей надежности работы СС ТБО

По значениям  $\alpha$  и  $K_m$  в верхней половине номограммы при необходимости находится вероятность простоя ЗО из-за отсутствия отказов, т.е. когда все блоки работают.

Таким образом, из рассмотренной методики следует, что в каждом конкретном случае необходимо внимательно проанализировать ситуацию и принять наиболее эффективное решение.

На рис.3.6 показаны причины опасностей технического характера, присущие рассматриваемым типам систем, в том числе и СС ТБО.

При этом возможность неконтролируемого выхода энергии, накопленной в материалах и технических системах, существенно усиливает их опасность.

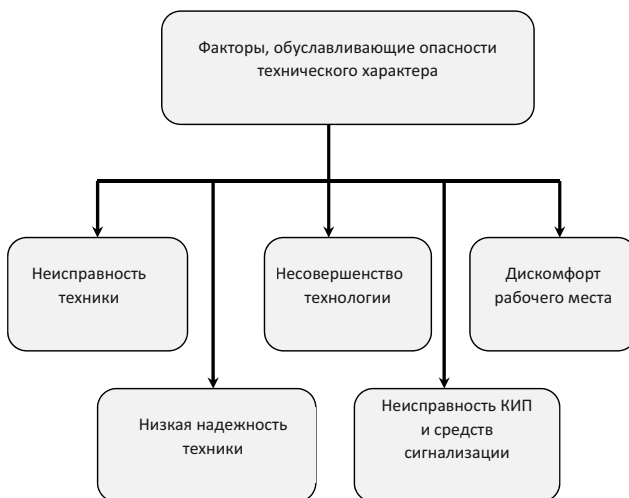


Рис. 3.6 Причины, вызывающие опасности технического характера

Основными причинами чрезвычайных ситуаций в последние годы в России были следующие:

- 1) 50% - человеческий фактор;
- 2) 18.5% - неисправность техники или оборудования;
- 3) 16.6% - условия внешней среды;
- 4) 7.8% - нарушение технологического процесса;
- 5) 7.4% - прочие факторы.

Следует отметить, что при резервировании различных технических систем обычно резервируются либо отдельные элементы системы, либо блоки, входящие в систему, либо вся система в целом. При этом, чем большая часть системы резервируется как единое целое, тем крупнее масштаб резервирования.

Отказ всей резервной группы поступает в момент первого отказа одного из основных элементов после того, как кончились все резервные элементы.

Рассмотрим, например, методику оптимизации резервированной системы СС ТБО по критериям уравнивания чувствительности.

Резервная группа систем  $S$  считается отказавшей, если в ней отказали все элементы.

Таким образом, вероятность безотказной работы резервной группы  $K_j$  равна:

$$P_i = 1 - e^{-\beta k_i}.$$

В рассматриваемом случае надежность всей системы равна произведению надежностей:

$$P(K_1, \dots, K_n) = \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\beta k_i}),$$

а ее стоимость равна сумме всех составляющих ее элементов и определяется по формуле:

$$C(K_1, \dots, K_n) = \sum_{i=1}^n C_i K_i.$$

При этом уровень, на котором производится резервирование системы, будет тем выше, чем большая часть конкретной системы резервируется как единое целое.

### **3.7 ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ В АКВАТОРИЯХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ**

Описана структура интегрированной системы контроля аварийных ситуаций в районах освоения месторождений углеводородов на Арктическом шельфе и входящая в ее состав в качестве структурного элемента информационно-аналитическая подсистема (ИАП), обеспечивающая сбор, обработку, хранение, передачу и анализ совокупности получаемых данных дистанционных и контактных измерений. ИАП включает регионально-адаптированные численные модели, которые на основе полученных данных позволяют дать комплексное описание и прогноз состояния морской среды, выработать заключение о причинах выявленных изменений и их экологической опасности, дать рекомендации относительно возможности их устранения. В настоящее время проводятся широкомасштабные работы по освоению месторождений нефти и газа в акваториях шельфа Арктических морей. Выполняются разведочные изыскания,



размещаются стационарные гидротехнические сооружения, что связано с активным судоходством. Добываемые в Арктическом регионе углеводороды транспортируются морским путём в тяжёлых гидрометеорологических условиях, включая ледовый покров.

В таких условиях существует высокий риск аварийных ситуаций, ликвидация последствий которых представляет особые технические трудности в Арктике. Для решения вопросов снижения рисков возникновения и развития аварийных ситуаций и повышения эффективности мер по ликвидации их последствий в труднодоступных районах Арктического шельфа необходима система надёжного контроля состояния акватории, интегрированная в общий комплекс средств оповещения о возникновении аварийных ситуаций и оперативной разработки мер по ликвидации их последствий.

В 2011 году по заданию Министерства промышленности и торговли Российской Федерации был разработан концептуальный проект системы экологического мониторинга акваторий, мониторинга технического состояния потенциально опасных морских объектов, обнаружения, идентификации и оценки параметров разливов нефти и степени угроз окружающей среде при эксплуатации объектов морской нефтегазодобычи (шифр «Экомониторинг»). В рамках данного проекта была разработана концепция комплексной системы экологического мониторинга и ее функциональных подсистем:

- экологического мониторинга акваторий;
- мониторинга технического состояния потенциально опасных морских объектов;
- обнаружения, идентификации и оценки параметров разливов нефти и степени угроз окружающей среде при эксплуатации объектов морской нефтегазодобычи;
- информационно-аналитическая подсистема.

В процессе работы исследовались методы построения систем мониторинга на базе различных технических средств, как классического, так и инновационного характера, принципиальные схемы различных систем, новые подходы к измерению заданных параметров. Впервые представлена система, объединяющая возможности мобильных устройств мониторинга и оптоволоконных технологий. Реализация данного проекта позволит

постоянно осуществлять комплексный контроль экологического состояния окружающей среды у объекта нефтегазодобычи, включая влияющее на него техническое состояние объекта, принимать необходимые меры по предупреждению чрезвычайной ситуации и оперативно реагировать на ранней стадии ее возникновения.

Последующая за концептуальным проектом опытно-конструкторская работа «Разработка технологии создания интегрированной системы контроля аварийных ситуаций в районах освоения месторождений углеводородов на Арктическом шельфе с использованием автоматизированных стационарных и мобильных измерительных комплексов» шифр «Арктика-Страж», проводимая с 2012 года по заданию Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, фокусируется на разработке технических и программных средств автоматизированных измерений и передачи данных и телеметрической информации в оперативном режиме, а также на интеграции этого аппаратно-программного комплекса в систему экологического мониторинга арктических акваторий, что отвечает положениям Морской Коллегии Российской Федерации, в которых указывается, что «Тенденции мирового развития морских наблюдений связаны с применением сквозных технологий получения данных о состоянии морской среды на основе автоматических средств наблюдений в сочетании со средствами оперативной доставки данных до центров обработки для оперативного использования».

Для решения указанной задачи создается многофункциональная система измерения гидрологических и физико-химических параметров водных масс в выбранных точках контролируемой акватории и по площади акватории.

Принципиальная схема интегрированной системы контроля аварийных ситуаций (ИСКА) в районах освоения месторождений углеводородов на Арктическом шельфе представлена на рисунках 3.7 и 3.8

Основными элементами такой измерительной системы являются: автоматические стационарные донные станции, автоматические зондирующие измерители, автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА), стационарные измерители гидрометеорологических условий, включающие радиолокационные средства контроля состояния морской поверхности.

Указанные системы такого вида позволяют контролировать состояние акватории круглогодично, в том числе в условиях ледового покрова, как по площади акватории, так и по глубине, обеспечивая надёжное оперативное обнаружение превышений пороговых значений основных характеристик водных масс, подвергшихся техногенному загрязнению в ходе освоения месторождений углеводородов в акваториях Арктического шельфа площадью до 5000 км<sup>2</sup> и глубиной до 700 м.

Получаемые значения контролируемых параметров оперативно передаются в центр обработки и анализа данных для разработки управленческих решений по ликвидации последствий аварийных ситуаций. В условиях труднодоступных Арктических акваторий, покрытых льдом, для оперативной передачи данных используются эффективные средства спутниковой связи и подводные высокоскоростные оптоволоконные линии.

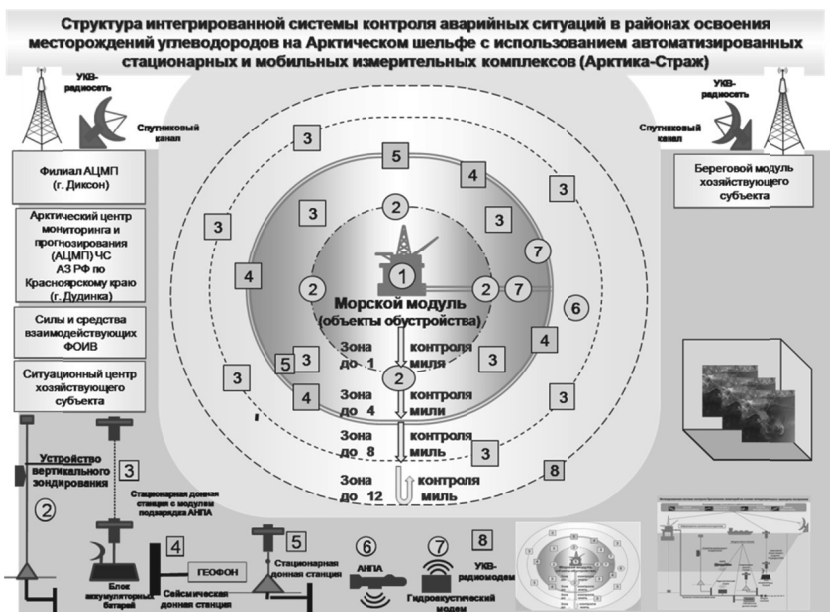


Рис.3.7 Структура интегрированной системы контроля аварийных ситуаций в районах освоения месторождений углеводородов на Арктическом шельфе

На рис.3.7 показана структура системы мониторинга подводной обстановки, построенной по концентрической схеме. Средства мониторинга, как донные станции, так и профилографы (устройства вертикального зондирования), размещены равномерно вокруг центра, в котором расположена, например, морская добывающая платформа. Причем, строятся несколько кольцевых волоконно-оптических линий, расположенных на различных расстояниях от центра. Значение радиуса наиболее удаленного кольца определяется энергоресурсами используемого АНПА и распо-

ложенных на дне стационарных станций подзарядки автономных подводных аппаратов.

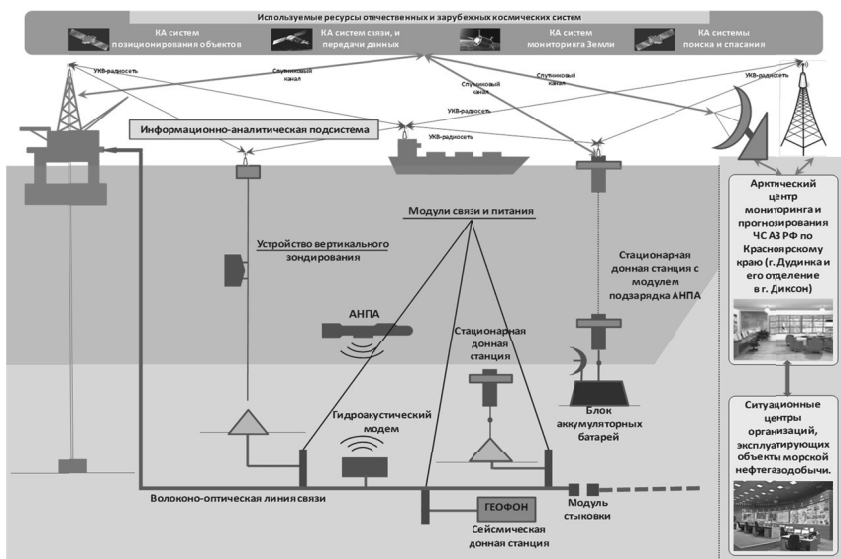


Рис. 3.8 Интегрированная система контроля Арктических акваторий в местах нефтегазодобычи

Возможна также реализация радиальной схемы с центром, как и в концентрической модели – на морской платформе. В принципе, можно построить схему мониторинга подводной обстановки любой конфигурации в зависимости от конкретных задач мониторинга и структуры подводных технологических коммуникаций. Такая

возможность обеспечивается сборкой мониторинговой сети из элементарных звеньев, которые представляют собой отрезок оптоволоконна (до сотни метров) с встроенными в него стыковочными модулями для подсоединения к нему различного оборудования и наращивания оптоволоконной линии за счет других элементарных звеньев. Причем, состав оборудования на различных элементарных звеньях может отличаться от уже имеющихся, или полностью отсутствовать.

Подобные технологии построения мониторинговых сетей позволяют обеспечить поступление большого объема информации, в том числе и для использования в интересах экономики, обороны и науки.

Получаемые в мониторинговой сети стандартные метеопараметры: скорость, направление ветра и атмосферное давление в районе контролируемой акватории поступают в информационно-аналитическую подсистему (ИАП) ИСКА от метеостанций, располагающихся штатно на гидротехническом объекте - нефтегазодобывающей платформе.

Измерения параметров течений и ветровых волн на морской поверхности выполняются по площади акватории с использованием коротковолновых доплеровских радиолокаторов. Коротковолновые доплеровские радиолокаторы с рабочей частотой 25-30 МГц устанавливаются на нефтегазодобывающей платформе и позволяют определять характеристики течений и волн на дистанциях до 35 км - 40 км от точки их установки на гидротехническом объекте (нефтяной платформе).

Параметры подводных течений и вертикальной структуры гидрологических характеристик: температуры, солёности, плотности воды, необходимы для выполнения анализа аварийной ситуации и разработки управленческих решений по ликвидации последствий аварий поступают в ИАП ИСКА от зондирующего устройства в составе профилографа и микроструктурного акустического доплеровского измерителя течений.

Зондирующее устройство входит также в состав донной станции локального контроля.

Высокоточное определение количественного содержания физико- химических примесей, включая содержание растворённых газов, определяется подводными системами масс-спектрометрического и рентгенофлюорометрического (МС и РФ)

анализа, устанавливаемыми на донных станциях локального контроля.

Вертикальные профили физико-химических примесей определяются с использованием блока ионоселективных преобразователей, устанавливаемых на устройстве вертикального зондирования, а также в составе донной станции локального контроля.

Получаемые данные оперативно передаются в центр обработки по подводной оптоволоконной линии связи.

С целью сейсмологического мониторинга в районах освоения нефтегазовых месторождений используются донные сейсмостанции.

Донная сейсмостанция содержит 3 канала регистрации сейсмических сигналов и 1 канал регистрации гидроакустического сигнала. Полученная информация оперативно передается в центр обработки по подводной оптоволоконной линии связи.

На АНПА проводится измерение вертикальных профилей течений, профилей физико-химических параметров путём маневрирования АНПА по глубине.

Измерения проводятся с использованием акустического доплеровского профилографа течений, СТД модуля, рамановского спектрометра.

Данные, собранные АНПА, передаются на донную станцию, связанную оптоволоконным кабелем с информационно-аналитической подсистемой ИСКА с использованием акустического модема при подходе к станции на необходимое для связи расстояние.

Оповещение о возникновении аварийной ситуации в акватории происходит при превышении заданных пороговых значений выбранных основных физико-химических параметров на измерительных комплексах. Информация передается в центр обработки по подводной оптоволоконной линии связи.

При превышении заданных пороговых значений на автономной донной станции автоматически всплывает на поверхность модуль спутниковой связи, передающий информацию об аварийной ситуации по каналам «ИРИДИУМ» и «КОСПАС-САРСАТ».

Донные станции локального контроля соединяются с центром обработки и анализа данных подводным оптоволоконным кабелем,

обеспечивающим быструю передачу измеряемых данных и одновременно обеспечивающих электропитание системы донных станций.

В случае образования ледового покрова над местом установки автоматических донных станций оповещение об аварии передаётся акустическим сигналом заданных параметров на ближайшую донную станцию локального контроля.

Одним из ключевых элементов системы контроля аварийных ситуаций в акваториях является информационно-аналитическая подсистема (ИАП ИСКА) поддержки принятия управленческих решений на основе данных измерений, прогноза развития ситуации и оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при проведении морских операций и эксплуатации объектов нефтедобычи. Информационно-аналитическая подсистема основывается на программно-аппаратных средствах многопараметрических оценок и прогнозирования аварийной ситуации.

ИАП ИСКА включает в себя программно-аппаратный комплекс, моделирующий распространение загрязнений в акватории и аварийные ситуации, включая разливы нефти и нефтепродуктов, и обеспечивающий оценку рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при проведении морских операций и эксплуатации объектов нефтегазодобычи.

Информационно-аналитическая подсистема обеспечивает контроль информационного взаимодействия и совместное функционирование технических и программно-технических средств непрерывного сбора, обработки, архивирования и анализа получаемой от подсистем ИСКА информации, а также взаимодействия с внешними информационными системами (центрами) для получения дополнительных данных и выдачи согласованной информации.

Каждая из функциональных систем ИСКА производит предварительную обработку измеряемых параметров, сравнивает их с фоновыми значениями и передает данные в информационно-аналитическую подсистему. В информационно-аналитической подсистеме при достижении заданных пороговых значений вырабатывается информационный сигнал, поступающий на устройство визуального отображения информации, находящееся у оператора объекта нефтегазодобычи. При достижении

определенных значений сигнала информация также поступает оперативной дежурной смене близлежащего Комплексного аварийно-спасательного центра.

Используя пороговые значения контролируемых параметров, информация представляется в виде трехуровневой. Первый уровень соответствует нормальной экологической обстановке и не требует вмешательства. Второй уровень соответствует нарушениям нормального экологического состояния среды и требует повышенного внимания. И, наконец, третий уровень соответствует возможной или возникшей чрезвычайной ситуации и требует оперативного вмешательства.

Совокупность отображаемых сигналов позволяет оператору контролировать создавшуюся ситуацию и принимать соответствующие решения.

Для эффективного функционирования ИАП ИСКА обеспечивается её совместимость с существующими и разрабатываемыми природоохранными системами федеральных органов исполнительной власти, в том числе функциональными подсистемами Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Информационно-аналитическая подсистема соответствует организационной структуре программно-технического модуля, входящего в состав Арктического центра мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций в г. Дудинка Красноярского края.



# ГЛАВА 4

## АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 4.1 ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ РАБОЧИХ ОРГАНОВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ АПК

На объектах АПК часто возникают необходимость оптимизировать работу различных рабочих органов в механизированных и автоматизированных системах сельскохозяйственного назначения.

Рассмотрим процедуру оптимизации на примере корморазрушающего рабочего органа СКРО машины для подготовки почвы к посадке и уборке картофеля и загрузочно-распределительного устройства (ЗРУ) технологической цепочки модулей сортировки ТБО в системе утилизации.

Общий вид машины для подготовки почвы под посадку и комбайновую уборку картофеля с системой автоматического управления (САУ) высотой подъема комкоразрушительного устройства представлен на рис.4.1; 4.2 и 4.3.

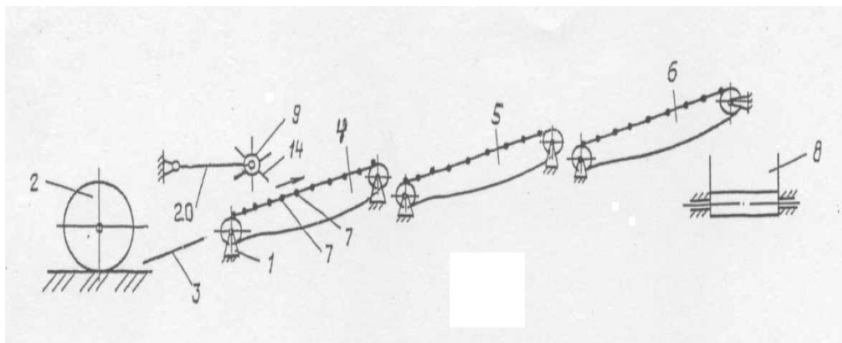


Рис. 4.1. Вид сбоку машины для подготовки почвы.

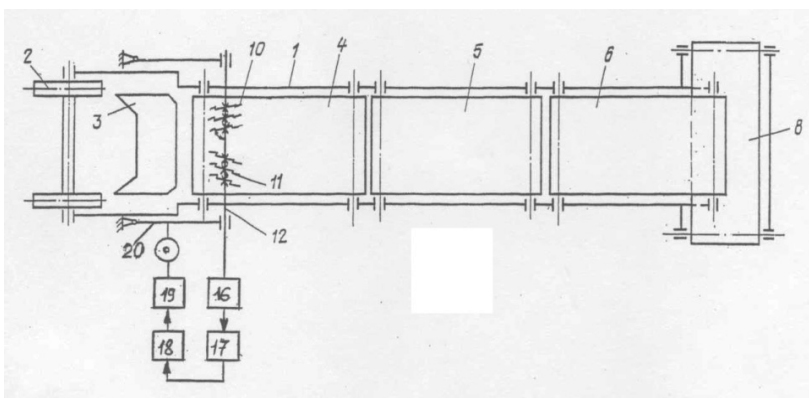


Рис. 4.2. Вид сверху машины для подготовки почвы.

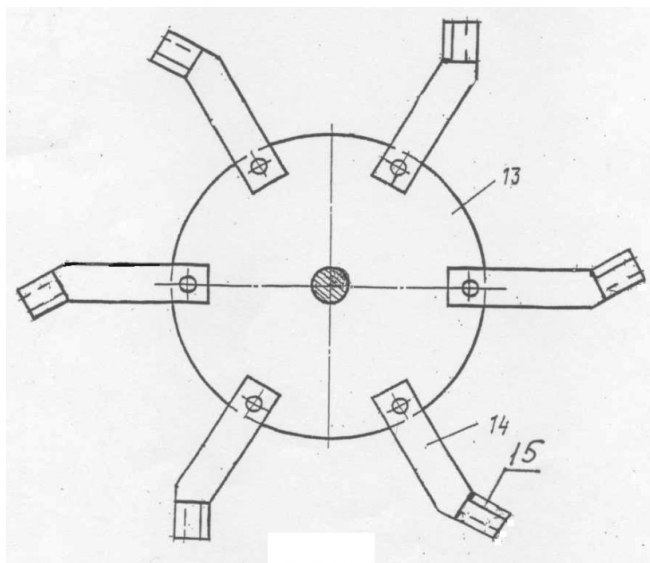


Рис. 4.3. Схема установки и формы ножей в виде лопатки, изогнутой по кривой окружности в плоскости их вращения.

Разработанная машина включает смонтированные на раме 1 опорно-копирующие катки 2, подкапывающий рабочий орган 3, прутковые элеваторы 4,5,6. Основой конструкции последних являются прутки 7. Под элеватором 6, в конечной его части,

установлен поперечный транспортер 8, предназначенный для укладки камней, крупных металлических включений в предварительно подготовленную и открытую борозду. Над прутковым элеватором 4 установлено комкоразрушающее устройство 9, состоящее из симметрично и зеркально расположенных относительно продольной оси машины секций 10 и 11, состоящих из установленных под углом к оси вращения вала 12 дисков 13, на каждом из которых закреплены ножи 14, имеющие форму лопаток 15 (с тупым углом относительно радиуса окружности диска с ножами), изогнутых по кривой окружности (в виде ее эвольвенты) в плоскости вращения ножей. На ведущем валу 12 комкоразрушающего устройства 9 установлен измерительный преобразователь (датчик) 16 нагрузки (например, крутящего момента или угловой частоты вращения ведущего вала), выход которого подключен к блоку управления 17. Этот блок усиливает сигналы измерительного преобразователя 16 нагрузки и формирует необходимое воздействие на исполнительный механизм 18 (например, электрогидрораспределитель). Последний предназначен для управления (например, путем перераспределения потоков гидрожидкости, масла) силовым гидроцилиндром 19 высоты подъема  $h$  комкоразрушающего устройства 9. Шток силового гидроцилиндра 19 соединен с рычагом 20, с одной стороны шарнирно соединенным с валом 12, а с другой – шарнирно с жесткой опорой.

Проектирование технологических линий переработки ТБО должно включать составление технологической цепочки модулей сортировки ТБО, определение оборудования каждого модуля и его производительности, после чего появится возможность определения последовательных и параллельных процессов и расчёта производства на базе метода сетевых графиков (см. рис.4.4). это в свою очередь, позволит при необходимости спроектировать участки непрерывной переработки ТБО.

На объектах АПК часто возникает необходимость оптимизировать работу различных рабочих органов в механизированных и автоматизированных системах сельскохозяйственного назначения.

Рассмотрим процедуру оптимизации на примере загрузочно-распределительного устройства (ЗРУ) технологической цепочки модулей сортировки ТБО в системе утилизации (рис. 4.3).

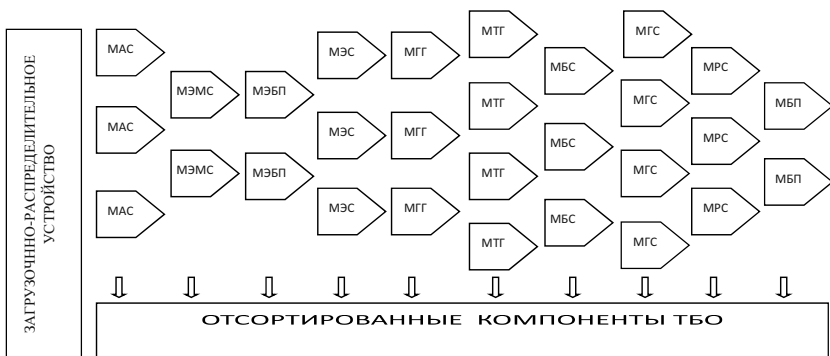


Рис. 4.4 Пример составления технологической цепочки модулей сортировки ТБО

В обоих случаях при выборе каскадной схемы (например, системы на рис.4.5) вводится дополнительный контур управления с помощью вспомогательного регулятора, при этом главный регулятор для каждого момента времени  $t$  определяет заданное значение  $u(t)$  вспомогательной величины  $h(t)$ , а заданное значение  $W_{зд}$  основной управляемой величины  $W(t)$  устанавливается равенством  $W_{зд} = 42 \text{ с}^{-1}$ .

Поскольку главный регулятор используется для управления объектом по наиболее инерционному каналу, то в качестве такого регулятора целесообразно выбрать ПИД регулятор, как наиболее эффективный среди типовых регуляторов.

Тогда как для реализации вспомогательного регулятора целесообразно выбрать П регулятор, т.к. другие виды типовых регуляторов содержат интегральную или дифференциальную составляющие, уже входящие в ПИД регулятор. Поэтому введение дополнительной интегральной компоненты приведёт к нежелательному повышению инерционности замкнутой системы. При этом наличие второй дифференциальной составляющей может чрезмерно увеличить влияние на систему шумов и помех, присутствующих в сигналах ошибок управления  $\varepsilon_1(t)$  и  $\varepsilon_2(t)$ .

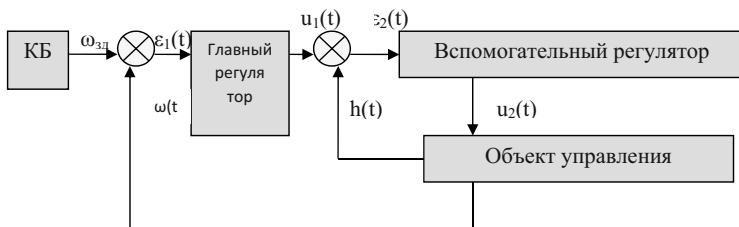


Рис. 4.5. Каскадная система управления угловой скоростью комкоразрушающего рабочего органа.

Общей предпосылкой для применения нечётких САО (рис.4.3) является:

- 1) Наличие неопределённости, связанной как с отсутствием информации, так и сложностью системы и невозможностью или нецелесообразностью её описания традиционными методами;
- 2) Наличие об объектах информации качественного характера о необходимых управляющих воздействиях, возмущениях и т.п.

При этом необходимо отметить, что нечёткий логический вывод-это аппроксимация зависимости «Вход-выход» на основе лингвистических высказываний типа «ЕСЛИ-ТО» и операций над нечёткими множествами.

В простейшем случае нечёткое подмножество  $A$  множества  $X$  задаётся функцией принадлежности  $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$ . Если  $\mu_A$  принадлежит только значение 0 или 1, то  $A$  обычное подмножество  $X$ .

Для нечётких подмножеств  $A$  и  $B$  множества  $X$  пересечение  $A \cap B$ , произведение  $AB$ , объединение  $A \cup B$ , сумма  $A+B$ , отрицание  $\bar{A}$  задаётся соответствующими функциями принадлежности.

На практике считается, что с внутри математической точки зрения понятия «нечёткое множество и функция принадлежности являются синонимами.

## 4.2 ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

В связи с разнообразием технологических процессов (ТП) в условиях сельскохозяйственного производства и на транспорте, а также наличием большого количества случайных факторов, воздействующих на системы, агрегаты и исполнительные механизмы (ИМ), обеспечивающие тот или иной ТП, правомерно использование как математического, так и имитационного моделирования.

При этом реальные механизированные и автоматизированные системы часто исследуются с помощью систем массового обслуживания (СМО).

Рассмотрим наиболее часто применяемые в таких случаях СМО:

- 1) смешанная СМО с одним ИМ;
- 2) СМО без ожидания с  $S$  исполнительными механизмами;
- 3) чистая СМО с ожиданием с одним ИМ;
- 4) чистая СМО с ожиданием с  $S$  исполнительными механизмами.

Рассмотрим СМО первого типа, т.е. с одним ИМ.

Система обслуживания состоит из одного ИМ и очереди; в системе одновременно может находиться не более чем  $n$  требований; очередь упорядоченная.

Обозначим через  $X(t)$  число требований, находящихся в системе в момент  $t$ . Функция  $X(t)$  принимает  $(n+1)$  значение;  $x_0$  - в системе нет требований;  $x_1$  - в системе одно требование, ...,  $x_n$  - в системе  $n$  требований.

При этом функция  $X(t)$  – марковская случайная функция, вследствие ординарности входящего потока и показательного закона распределения времени обслуживания за малый интервал  $\Delta t$  не может произойти соответственно более одного поступления и более одного окончания обслуживания.

Определим вероятность следующих событий:

- 1) за интервал  $(t, t+\Delta t)$  в систему не поступит ни одного требования;
- 2) за интервал  $(t, t+\Delta t)$  ИМ не закончит обслуживания.

Вероятность первого события:

$$P_0(\Delta t) = \frac{e^{-\lambda\Delta t}(\lambda\Delta t)^0}{0!} = 1 - \lambda\Delta t + \frac{1}{2!}(\lambda\Delta t)^2 - \frac{1}{3!}(\lambda\Delta t)^3 + \dots + (-1)^n \frac{1}{n!}(\lambda\Delta t)^n + \dots \approx 1 - \lambda\Delta t, \quad (4.1)$$

поскольку  $e^{-x} = 1 - x + 0(x),$  (4.2)

где  $0(x),$  - величина бесконечно малая более высокого порядка, чем  $x$ .

Вероятность второго события:

$$(T_{abc} > \Delta t) = 1 - F(\Delta t) = e^{-\mu\Delta t} \approx 1 - \mu\Delta t \quad (4.3)$$

Тогда вероятность поступления в систему ровно 1 требования за интервал  $(t, t + \Delta t)$  и вероятность того, что за интервал  $(t, t + \Delta t)$  ИМ обслужит ровно одно требование соответственно равны:

$$1 - (1 - \lambda\Delta t) = \lambda\Delta t \text{ и } 1 - (1 - \mu\Delta t) = \mu\Delta t,$$

как вероятность событий, противоположных рассмотренным.

С учётом изложенного, можно получить систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{p_0(t + \Delta t) - p_0(t)}{\Delta t} = -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t), \\ \frac{p_q(t + \Delta t) - p_q(t)}{\Delta t} = \lambda p_{q-1}(t) - (\lambda + \mu) p_q(t) + \mu p_{q+1}(t); n > q > 0 \\ \frac{p_n(t + \Delta t) - p_n(t)}{\Delta t} = \lambda p_{n-1}(t) - \mu p_n(t). \end{cases} \quad (4.4)$$

Используя формулу (4.4), можно определить:

математическое ожидание (МО) числа требований в системе;

- МО числа требований в накопителе;

- МО числа свободных ИМ;

- вероятность того, что требование получит отказ.

Рассмотрим систему второго типа, которая характеризуется следующими данными:

- узел обслуживания состоит из  $s$  одинаковых ИМ;

- требование, поступившее в систему, когда все  $s$  ИМ заняты, немедленно покидает систему.

Обозначим через  $X(t)$  число требований в системе (число занятых ИМ). При этом функция  $X(t)$  в момент  $t$  принимает  $(s+1)$  значение:

- $x_0$  - на обслуживание 0 требований;
- $x_1$  - на обслуживание 1 требования;...
- $x_s$  - на обслуживание  $S$  требований.

Так как время обслуживания требований каждым ИМ имеет показательный закон распределения, то и время обслуживания требований всеми  $s$  ИМ также имеет показательный закон распределения. Учитывая это (а также то, что входящий поток требований простейший) можно показать, что  $X(t)$  –марковская случайная функция.

После ряда преобразований получим следующие формулы Эрланга:

$$P_q = p_0 \frac{\varphi^q S^q}{q!} = \frac{(\varphi^q S^q) / q!}{\sum_{q=0}^s (\varphi^q S^q) q!}; s \geq q \geq 0, \quad (4.5)$$

где  $\varphi = \lambda / \mu_s = \lambda / s \mu$

формулы (4.1) справедливы при произвольном законе распределения времени обслуживания.

Тогда математическое ожидание числа требований в системе (равное, в данном случае, математическому ожиданию числа требований в узле обслуживания) будет:

$$M(q) = M(j) = \sum_{q=0}^s q p_0 \frac{\varphi^q S^q}{q!} = \quad (4.6)$$

$$p_0 \varphi s \sum_{q=0}^{s-1} \frac{\varphi^q S^q}{q!} = p_0 \varphi s \left( \frac{1}{p_0} - \frac{\varphi^s S^s}{S!} \right) = \varphi s - p_0 \frac{\varphi^{s+1} S^{s+1}}{S!}$$

После чего математическое ожидание числа свободных ИМ имеет вид:

$$M(\rho) = s - M(j) \quad (4.7)$$

При этом вероятность отказа  $p_{отк} = p_s$ .

Рассмотрим СМО третьего типа которая характеризуется следующими данными:

- система обслуживания состоит из одного ИМ и очереди;
- на количество требований, находящихся в системе в один и тот же момент времени, не наложено никаких ограничений;



- очередь упорядоченная.

При этом случайная функция  $X(t)$  – число требований, находящихся в системе в момент  $t$ , принимает следующие значения:

- $x_0$  - в системе нет требований;
- $x_1$  - в системе 1 требование;...
- $x_n$  - в системе  $n$  требований и.т.д.

Система бесконечного числа уравнений для определения предельных вероятностей  $p_0, p_1, \dots, p_n$ , имеет вид:

$$\begin{cases} -\lambda p_0 + \mu p_1 = 0, \\ \lambda p_{q-1} - (\lambda + \mu) p_q + \mu p_{q+1} = 0, q > 0. \end{cases} \quad (4.8)$$

учитывая нормирующее условие  $\sum_{q=0}^{\infty} p_q = 1$ , а также то, что  $\varphi < 1$ , получим следующие значения предельных вероятностей:

$$P_q = \frac{\varphi^q}{\sum_{q=0}^{\infty} \varphi^q} = \varphi^q (1 - \varphi) \quad (4.9)$$

Вычислим вероятностные характеристики рассматриваемой СМО.

В соответствии с формулой (4.6), МО числа требований в системе будет:

$$\begin{aligned} M(q) &= \sum_{q=0}^{\infty} q p_q = (1 - \varphi) \sum_{q=0}^{\infty} q \varphi^q = (1 - \varphi) \varphi (1 + 2\varphi + 3\varphi + \dots) = \\ &= \varphi (1 - \varphi) (\varphi + \varphi^2 + \varphi^3 + \dots)' = \varphi (1 - \varphi) \left( \frac{\varphi}{1 - \varphi} \right)' = \\ &= \varphi (1 - \varphi) \frac{1}{(1 - \varphi)^2} = \frac{\varphi}{1 - \varphi} \end{aligned} \quad (4.10)$$

Тогда МО числа требований в накопителе:

$$\begin{aligned} M(v) &= \sum_{q=1}^{\infty} (q-1) p_q = (1 - \varphi) \sum_{q=1}^{\infty} (q-1) \varphi^q = (1 - \varphi) \varphi^2 (1 + 2\varphi + 3\varphi + \dots) = \\ &= \varphi^2 (1 - \varphi) \left( \frac{1}{1 - \varphi^2} \right)' = \frac{\varphi^2}{1 - \varphi} \end{aligned} \quad (4.11)$$

МО числа требований в узле обслуживания будет:

$$M(j) = M(q) - M(v) = \frac{\varphi}{1-\varphi} - \frac{\varphi^2}{1-\varphi} = \varphi \quad (4.12)$$

тогда МО числа требований в узле обслуживания будет:

$$M(\rho) = s - M(j) = 1 - \varphi = p_0 \quad (4.13)$$

СМО четвертого типа характеризуется следующими данными: 1) узел обслуживания состоит из S приборов очереди; 2) на количество требований, находящихся в системе в один и тот же момент времени не накладывается никаких ограничений; 3) очередь упорядоченная.

Случайная функция X(t) – число требований, находящихся в системе в момент t, принимает следующие значения:

- $x_0$  - в системе нет требований;
- $x_1$  - в системе 1 требование (занят один ИМ);...
- $x_s$  - в системе s требований (заняты все ИМ, очереди нет);
- $x_{s+1}$  - в системе (s+1) требование (заняты все ИМ, одно требование стоит в очереди);...
- $x_{s+n}$  - в системе (s+n) требование (заняты все ИМ, n требований стоят в очереди), и.т.д.

После вычисления вероятностных характеристик этого типа СМО получим:

-МО числа требований в накопителе

$$\begin{aligned} M(v) &= \sum_{q=s}^{\infty} (q-s)p_q = \sum_{q=s}^{\infty} (q-s)p_0 \frac{\varphi^q s^s}{S!} = \\ &= p_0 \frac{S^s}{S!} (\varphi^{s+1} + 2\varphi^{s+2} + \dots) = p_0 \frac{S^s}{S!} \varphi^{s+1} \frac{1}{(1-\varphi)^2} = \frac{\varphi^{s+1} S^s}{S!(1-\varphi)^2} P_0 \end{aligned} \quad (4.14)$$

- МО числа требований в узле обслуживания

$$\begin{aligned} M(j) &= \sum_{q=0}^s q p_0 + \sum_{q=s+1}^{\infty} s p_q = \sum_{q=0}^s q p_0 \frac{\varphi^q S^q}{q!} + S \sum_{q=s+1}^{\infty} p_0 \frac{\varphi^q S^s}{S!} = \\ &= P_0 \varphi^s \sum_{q=0}^{s-1} \frac{\varphi^q S^q}{q!} + P_0 \frac{S^{s+1} \varphi^{s+1}}{S!(1-\varphi)} = P_0 \varphi S \left( \frac{1}{P_0} - \frac{\varphi S^s}{S!(1-\varphi)} \right) + P_0 \frac{S^{s+1} \varphi^{s+1}}{S!(1-\varphi)} = \varphi S \end{aligned} \quad (4.15)$$

- МО число требований в системе обслуживания:

$$M(q) = M(j) + M(v) = \frac{\varphi^{s+1} S^s}{S!(1-\varphi)^2} P_0 + \varphi S; \quad (4.16)$$

- МО числа свободных ИМ:

$$M(\rho) = s - M(j) = s - \varphi S = S(1 - \varphi) \quad (4.17)$$

При этом отметим, что характеристики системы с ожиданием с одним ИМ, являются частным случаем характеристик рассматриваемой системы при  $S=1$ .

Таким образом, в условиях с.-х. производства (например при поливе почвы и увлажнении воздуха в открытом и закрытом грунте так и при решении различных транспортных задач используется почти весь математический аппарат имитационного моделирования систем массового обслуживания.

### **4.3 ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ БЕЗОПАСНЫХ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Автоматизация производственных процессов, являясь одним из самых прогрессивных направлений новой техники, имеет не только большое экономическое и социальное значение, но и играет большую роль в обеспечении условий безопасности на предприятии или в сельскохозяйственном производстве.

При этом автоматика дает возможность осуществлять такие технологические процессы, обслуживание которых человеком исключается ввиду их вредности, опасности или недоступности.

Для автоматизации производственных процессов используются средства:

- автоматического контроля и сигнализации;
- защиты и блокировки;
- управления и регулирования.

Известно, что значительные отклонения от заданных величин различных параметров (температуры, давления и уровня продукта, концентрации и процентного соотношения реагирующих веществ, очередности или времени загрузки реагентов) могут привести к крупным авариям, пожарам и взрывам.

Например, безопасность процессов нитрации, хлорирования, сульфирования, окисления органических веществ зависит от правильного дозирования реагирующих веществ, непрерывного перемешивания и поддержания заданной температуры.

Как правило, неравномерность загрузки, недостаточное перемешивание и охлаждение неизбежно приводят к появлению местных зон с высокой концентрацией и температурой, что сопровождается бурным окислением сырья, выделением значительного количества побочных газообразных продуктов и может закончиться взрывом.

При этом для многих отраслей промышленности характерно тепловое проявление химических реакций при процессах, большинство которых сопровождается выделением значительного количества тепла.

Например, к таким процессам относятся:

- адсорбция;
- растворение;
- нитрование;
- галоидирование;
- алкилирование;
- щелочное плавление;
- сульфирование;
- полимеризация;
- окисление и т.п.

Остановимся на защите работников от механического травмирования на производстве.

К средствам защиты от механического травмирования относятся:

- предохранительные, тормозные, оградительные устройства-
- средства автоматического контроля и сигнализации;
- знаки безопасности;
- системы дистанционного управления.

Как правило, системы дистанционного управления и автоматические сигнализаторы на опасную концентрацию паров газов, пыли применяют чаще всего на взрывоопасных производствах с выделением в воздух рабочей зоны токсичных веществ.

Наличие контрольно-измерительных приборов - одно из условий безопасной и надежной работы оборудования.

Это приборы для измерения:

- давления;
- температуры;
- статистических и динамических нагрузок;
- концентраций паров и газов; и др.

При этом эффективность их использования повышается при объединении их с системами сигнализации, как это имеет место в газосигнализаторах, срабатывающих при определенных уровнях концентрации паров, газов, пыли в воздухе.

Многие реакции химико-технологических процессов, сопровождаемых значительными тепловыми эффектами, при недостаточном отводе тепла из зоны реакции могут заканчиваться пожаром или взрывом, т.к. реагирующие и получающиеся вещества в большинстве случаев являются легковоспламеняющимися горючими жидкостями или газами, или веществ взаимодействующими при повышенных температурах.

Кроме того, скорость возникновения и распространения аварийного состояния во многих технологических, особенно химических процессах такова, что только специальные автоматические устройства и приборы могут надежно защитить их и своевременно локализовать возможную аварию, взрыв или пожар.

Автоматический контроль и сигнализация предельных значений технологических величин, защита, управление и регулирование различных процессов обеспечивают надежную и безопасную эксплуатацию установок, дают возможность исключить или своевременно предупредить перегрев аппаратов, разрыв от избыточных давлений, утечку продукта, образование пожароопасных побочных продуктов и самовозгорающихся соединений.

Однако следует отметить, что различные виды автоматики выполняют только определенные функции.

При этом автоматическое управление обеспечивает включение аппаратов или агрегатов, их остановку, торможение, реверсирование и строгое соблюдение последовательности операции по заранее заданной программе. Роль человека заключается только в посылке начального (пускового) импульса.

Автоматическое управление чаще всего осуществляют дистанционно, оно обеспечивает согласованную и надежную работу

оборудования, требуемые условия безопасности, а также исключает пожарную опасность.

Приборы автоматического регулирования обеспечивают без участия человека поддержание заданных параметров технологических процессов, не допускают их отклонения в ту или иную сторону от заранее установленного безопасного значения и тем самым исключают возможность пожаров и взрывов.

В тех случаях, когда заданное значение регулируемой величины не является постоянным, а изменяется во времени по известному заранее закону, применяют программное регулирование.

Автоматические регуляторы температуры обеспечивают поддержание нормальных заданных температур в аппаратах и технологических установках. Поддерживая нормальную температуру, они исключают возможность создания в аппаратах и хранилищах взрывоопасных концентраций паров с воздухом, разложения веществ с взрывом или с выделением более пожароопасных продуктов и самовозгорающихся соединений.

Применение автоматических регуляторов давления позволяет поддерживать в аппаратах нормальные заданные давления, исключать возможность образования в них сверхдопустимых давлений или вакуума и тем самым предупредить появления неплотностей, утечку продукта в помещение или подсос воздуха в аппараты и образование в них взрывоопасных концентраций, а также разрыв аппаратов и возможность возникновения пожаров и взрывов по этим причинам.

Применение автоматических регуляторов уровня позволяет поддерживать нормальный уровень продукта в аппаратах и хранилищах, т.е. исключить возможность их переполнения и разлива продукта, понижение уровня ниже допустимых пределов и тем самым возможность возникновения пожаров и взрывов.

Следует отметить, что регулирование пожароопасных параметров имеет очень важное значение в обеспечении пожарной безопасности химико-технологических процессов.

Нарушение соотношения между количеством газа и воздуха может привести к образованию взрывоопасных концентраций в технологических аппаратах. Применение автоматических регуляторов соотношения устраняет эту опасность, т.к. они не до-

пускают нарушения заранее установленного безопасного соотношения газов.

#### 4.4 ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Систематизация известных к настоящему времени моделей и методов их использования в народном хозяйстве представлена на рис.4.6

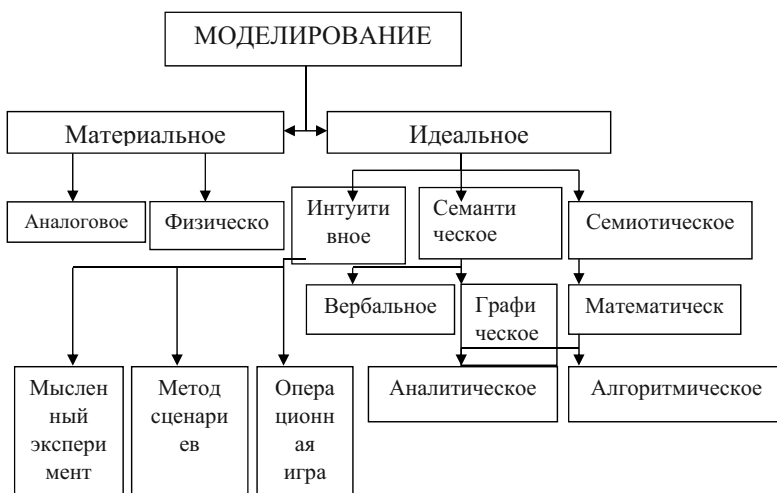


Рис.4.6 Классификация методов моделирования

Как видно из рис.4.6, материальных моделей (реальных, натуральных или предметных) значительно меньше, хотя эти модели и вторичны по отношению к идеальным, т.к. процесс их создания начинается с соответствующего мысленного предвосхищения.

Практика показывает, что есть необходимость в ряде правил и приемов моделирования, облегчающих исследование техносферных процессов, которые отличаются не только большим разнообразием, но и высокой сложностью, что указывает на

потребность в знании не только многих наиболее общих законов, но и частных закономерностей.

Поэтому представляется целесообразным сформулировать и упорядочить эти правила и приемы в форме, включающих как наиболее общие связи, так и этапы построения, проверки и использования моделей.

На рис.4.7 представлена такая обобщенная структура, которая позволит снизить затраты на моделирование и уменьшить вероятность появления трудно устранимых впоследствии ошибок.

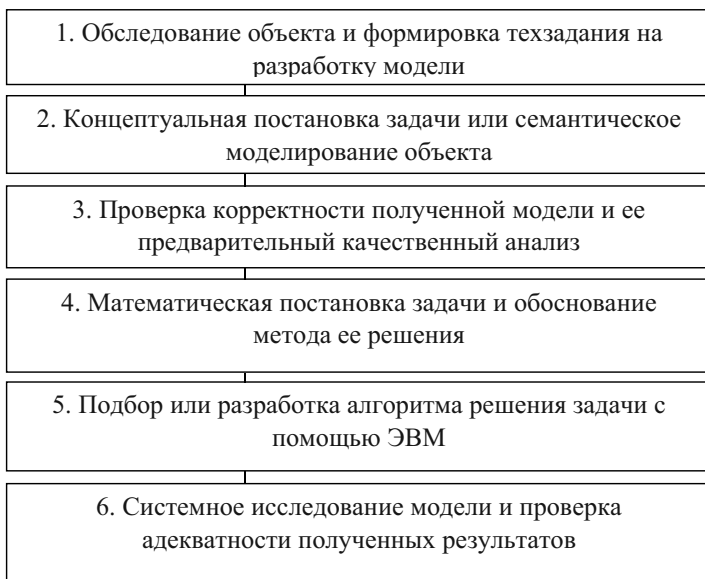


Рис.4.7. Основные процессы моделирования





Рис.4.8. Показатели автоматизации сельскохозяйственного производства

Наряду с системным анализом и моделированием опасных процессов в техносфере, существенными тенденциями современного промышленного и сельскохозяйственного производства является, с одной стороны, постоянный рост его масштабов, повышение количества и качества продукции, с другой – прогрессирующий дефицит рабочей силы, растущая непопулярность монотонного и тяжелого ручного труда.

При этом важнейшим, а зачастую и единственным средством разрешения противоречий между ними является комплексная механизация и автоматизация производства.

Благодаря механизации и автоматизации резко растет производительность труда. Например, в промышленности за

последние 50 лет она выросла в 8 раз. За этот же период объем валовой продукции сельского хозяйства увеличивается в 2-3 раза занятости рабочих, т.е. производительности труда в сельском хозяйстве выросла в 5-7 раз.

На рис.4.8 показаны преимущества, получаемые от автоматизации сельскохозяйственного производства.

Таким образом, правильный выбор метода моделирования и неукоснительное соблюдение его этапов и алгоритма, в сочетании с максимальным использованием преимуществ автоматизации и механизации в промышленности и сельском хозяйстве, способствуют научно-техническому прогрессу во всех отраслях народного хозяйства РФ.

#### **4.5 АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И СИНТЕЗА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ АПК СО СЛУЧАЙНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

В практике с.-х. производства детерминированные модели экологических и эколого-технических систем АПК применяются реже, чем вероятностные (стохастические) модели тех же систем.

Это объясняется, в первую очередь, тем, что реальные экосистемы АПК исследуются с учётом большого числа погодных, сезонных и климатических условий, которые носят случайный характер.

Кроме того, на указанные системы, как правило, влияют всякого рода антропогенные и природные воздействия, что несёт неопределённость как в структуре, так и во временных параметрах:

- времена выполнения работы;
- моменты наступления событий;
- резервы; и др.

При этом наиболее традиционным способом учёта данных неопределённостей является переход к вероятностным моделям.

В этом случае, случайный характер структуры может быть задан матрицей  $P=(P_{ij})$  вероятностей в графе связи или работы  $(i,j)$ .

Тогда вероятностный характер временных характеристик определяется случайными длительностями работ  $t$ .

Здесь  $t(i,j)$  – случайные величины, возможно связанные корреляционной зависимости, т.к. увеличение или уменьшение

длительности одной или нескольких предшествующих работ может случайно влиять на временные параметры последующих.

Случайные начальные условия любой стохастической системы можно представить в виде эквивалентного выходного сигнала.

Для этого необходимо использовать  $\delta$ - функцию и записать уравнение в виде:

$$\dot{Y}_i = \sum_{j=1}^n [C_{ij}(U, t) + V_{ij}(t)] \varphi_{ij}(Y) + \sum_{j=1}^n F_{ij}(U, t) X_j(t) + Y_{i0} \delta(t - t_0), \quad (4.18)$$

где  $t_0$  - момент начала работы системы (момент времени, для которого задаются начальные условия).

При этом в частном случае  $t_0 = 0$  уравнения (4.18) имеют нулевые начальные условия.

Заметим, что частным случаем модели систем со случайными параметрами являются линейные стохастические уравнения.

Эти уравнения следуют из системы уравнений (4.18) при  $\varphi_{ij}(Y) = Y_j$ :

$$\dot{Y}_i = \sum_{j=1}^n [C_{ij}(U, t) + V_{ij}(t)] Y_j + \sum_{j=1}^n F_{ij}(U, t) X_j(t), \quad (4.19)$$

( $i = \overline{1, n}$ )

Запишем уравнение (4.19) в компактной векторной форме:

$$\dot{Y} = [C(U, t) + V(t)] Y + F(U, t) X(t); \quad (4.20)$$

где  $Y, X(t)$  -  $n$ -мерные векторы;

$C(U, t), V(t), F(U, t)$  -  $n \times n$ -мерные матрицы коэффициентов и параметрических шумов соответственно;

$U$  -  $1$ -мерный вектор случайных параметров.

В случае решения некоторых задач по анализу качества стохастических систем с.х. производства, достаточно рассматривать в многомерной системе 1 вход и 1 выход.

В этом случае уравнение работы линейной системы можно представить в виде:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n [C_i(U, t) + V_i(t)] \frac{d^i Y}{dt^i} &= \sum_{i=1}^n F_i(U, t) \frac{d^i X(t)}{dt^i}, \\ Y(0) &= Y_0 \end{aligned} \right\} \quad (4.21)$$

В рассматриваемых уравнениях (1...4) входным сигналом принимался аддитивный сигнал  $X(t)$ . При этом параметрический шум  $V(t)$  принимался как внутренний шум системы, описывающий случайные свойства оператора преобразования входного сигнала в выходной сигнал.

Здесь можно рассматривать случайный сигнал  $V(t)$  тоже как входной сигнал, но уже не аддитивный, а мультипликативный. Тогда в системе будет два существенно различных входных сигнала и эта система уже будет нелинейной даже при линейной зависимости от фазовых координат функции  $\varphi(Y)$ .

При этом принятие того или иного подхода к рассмотрению случайной функции  $V(t)$  зависит от характера решаемой задачи и от методов исследования конкретной стохастической системы, обладающей специфическими особенностями объекта АПК.

В нашем случае функция  $V(t)$  рассматривается как параметрический шум, присущий самой системе и делающий ее стохастической системой.

На основании вышеизложенного, связь между входным и выходным сигналами стохастической системы описывается случайным оператором:

$$Y = A(t, V)X(t), \quad (4.22)$$

где  $A(t, V)$ - случайный оператор, зависящий от времени и параметрического шума  $V(t)$ .

Запишем преобразованное уравнение (4.18) в интегральной форме:

$$Y_i(t) = Y_i(t_0) + \sum_{j=1}^n \int_{t_0}^t [G_{ij}(Y, \tau) + V_{ij}(\tau)] \varphi_j[Y(\tau)] d\tau + \sum_{j=1}^n \int_{t_0}^t F_{ij}(Y, \tau) X_j(\tau) d\tau$$

В практике с.-х. производства особый интерес, на наш взгляд, представляют интегралы от гауссовских белых шумов, умноженных на, подходящие для каждого конкретного случая, коэффициенты:

$$\int_{t_0}^t \varphi_{ij}[Y(\tau)] V_{ij}(\tau) d\tau ; \quad (4.24)$$

$$\int_{t_0}^t F_{ij}(Y, \tau) X_j^o(\tau) d\tau, \quad (4.25)$$

где  $V_{ij}(\tau)$  и  $X_j^o(\tau)$  случайные функции, выражающие гауссовские белые шумы.

Эти шумы можно представить в виде производных от виннеровского случайного процесса:

$$V_{ij}(\tau) = \frac{d\eta_{ij}}{d\tau}; \quad (4.26)$$

$$X_j^o(\tau) = \frac{d\chi_j}{d\tau}, \quad (4.27)$$

где  $\eta_{ij}(\tau)$  и  $\chi_j(\tau)$  - виннеровские случайные процессы.

Подставив выражения (4.26) и (4.27) и интегралы (4.24) и (4.25), приведем их к виду:

$$\int_{t_0}^t \varphi_{ij} [Y(\tau)] d\eta_{ij}; \quad (4.28)$$

$$\int_{t_0}^t F_{ij}(Y, \tau) d\chi_j. \quad (4.29)$$

Стохастические интегралы (4.28) и (4.29) имеют специфические свойства, которые необходимо обязательно учитывать при их вычислении в процессе исследования различных АСУ эколого-технологическими процессами с.-х. производства.

#### **4.6 ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ АСУ ОБЪЕКТАМИ УТИЛИЗАЦИИ**

В настоящее время автоматизированные системы управления (АСУ) на предприятиях утилизации отходов ещё не отличаются таким разнообразием, как в сельскохозяйственном производстве. В то же время разнообразие и схожесть технологических процессов (в зависимости от функционального назначения и специфических условий, в которых они выполняются) позволяют провести аналогию между использованием современных АСУ на предприятиях сельского хозяйства и предприятиях утилизации отходов.

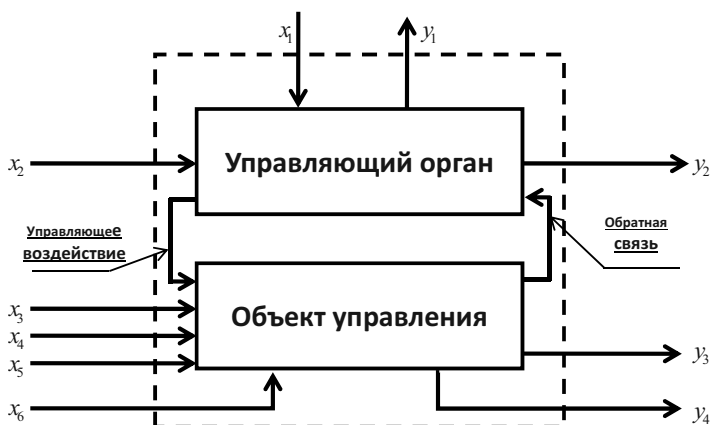


Рис. 4.9 Обобщённая блок-схема АСУ:  $X_i$  - входы системы;  $Y_i$  - выходы системы.

Суть проблемы управления объектами утилизации как системы, можно раскрыть например, с помощью обобщённой блок-схемы АСУ, представленной на рис.4.9

С помощью блок-схемы, показанной на рис.4.9 можно представить проблему, которую следует решить. Предположим, что входами будут исходные условия и ресурсы для решения проблемы, а выходами - результаты решения, обеспечивающие определенную степень достижения поставленной цели. Тогда задача определяется, как ситуация, в которой есть два состояния:

- существующее:
- желаемое (предполагаемое).

Существующее состояние при этом определяется существующей системой, т.е. существующий выход, который обеспечивается существующей АСУ.

Желаемое состояние представляется желаемой (гипотетической) или предлагаемой системой, т.е. желаемый выход, который обеспечивается желаемой системой.

В этой связи были рассмотрены основные логические элементы АСУ объектами утилизации бытовых отходов, а также типовые способы построения интегрированных систем управления выбора операционной системы в качестве платформы обработки данных для верхнего уровня АСУ этими объектами.

Для получения, обработки, передачи и хранения поступающих данных необходимо использовать сетевые операционные системы (СОС) (англ. Network Operating System). Очевидно, что СОС, используемая в системе управления, должна отвечать определенным требованиям, а также быть открытой и свободой, что вытекает из целей работы.

При этом рассмотрены наиболее значимые характеристики операционных систем, проведено сравнение возможностей различных СОС. С учетом особенностей информационной системы, в качестве основной СОС как для серверного оборудования, так и для рабочих мест пользователей, выбрана СОС Linux, т.к. она в наибольшей степени удовлетворяет требованиям к операционной системе, поставленным в рамках решаемой задачи.

В качестве дистрибутива, т.е. поставщика СОС и окружения, выбран Debian GNU /Linux, т.к. этот дистрибутив хорошо поддерживается, в него включены все распространенные и поддерживаемые программные пакеты окружения пользователя и серверных сетевых служб, а также средства разработки. Сегодня Debian весьма популярен, и позволяет быстро исправлять возможные ошибки в программном обеспечении. Выбор же системы управления баз данных (СУБД), входящей в состав современных информационных систем, представляет собой сложную многопараметрическую задачу и является одним из важных этапов при разработке приложений АСУ, использующих базы данных.



Рис. 4.10 Основные группы критериев отбора СУБД

Важно чтобы выбранный программный продукт удовлетворял как имеющимся, так и будущим потребностям предприятия. При этом необходимо контролировать:

- затраты на приобретение необходимого оборудования,
- затраты на поддержание самой системы,
- финансирование разработки необходимого программного обеспечения на основе системы,
- дополнительные денежные вложения на обучение персонала.

До внедрения СУБД на любом предприятии следует произвести расчёт экономического эффекта перехода на эту новую технологию. На рис.4.10. предложен пример основных критериев отбора СУБД по группам.

Чаще всего на предприятиях по утилизации бытовых отходов серьезной проблемой являются значительные объемы информации, которую необходимо собирать, надежно хранить, оперативно обрабатывать. В частности, результатом такой обработки является быстрая переналадка гибких технологических линий переработки ТБО, позволяющая оптимизировать энергетические и прочие ресурсозатраты предприятия.

Все существующие в настоящее время информационные системы для решения проблемы сбора, хранения и оперативной обработки информации были разработаны в связи с требованиями современного делового мира.



На любом предприятии аналитическим отделам и высшему звену управления необходимо решать, как правило, задачи выработки тактики и стратегии компании, учета сопутствующих внешних факторов и прогноза.

Сегодня для решения таких задач существуют специальные системы. так называемые OLAP – системы (Online Analytical Processing).

Основными условиями и элементами технологий на базе OLAP являются:

1. Деятельность предприятия является главным источником информации, поступающей в оперативную базу данных.
2. В базах данных нужно поддерживать хранение информации о деятельности предприятия и состоянии рынка на протяжении нескольких лет.
3. Предприятие должно иметь несколько оперативных информационных систем с собственными базами данных. Эти оперативные базы данных могут содержать семантически эквивалентную информацию, представленную в разных форматах и хронологической последовательности. Допускается также и хранение ошибочной информации.
4. Базы данных предприятия должны содержать единообразно представленные данные из всех оперативных баз данных.
5. Поскольку набор запросов к аналитической базе данных предсказать невозможно, склады данных создаются таким образом, чтобы отвечать на неожиданные запросы аналитиков.
6. Поскольку оперативные базы данных по своей природе являются сильно изменчивыми, то это учитывается в используемых СУБД. Только тогда, когда в аналитические базы данных загружается оперативная или внешняя информация, они способны меняться.
7. Степень важности защиты информации аналитических баз предприятия требует применения новых технологических решений.

Предлагаемые технологии позволят интегрировать в единую информационную среду разнотипные информационные системы цифровые библиотеки, и обеспечивать логическую синхронизацию данных этой среды.

Степень интеграции таких технологий на предприятиях может быть разной, но в целом качество информации в указанной

распределенной системе значительно выше чем в существующих в настоящее время технологиях. Синергетический эффект, который проявляется при использовании OLAP – систем значительно увеличивает возможности как комплексных технологий, так и каждой отдельно взятой технологии.

## ГЛАВА 5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 5.1 ОЦЕНКА РИСКОВ В ЛОГИСТИКЕ

Для развития бизнес-среды, диверсификации экономики, увеличения объемов экспорта и инвестиций важное значение имеет рейтинг рисков для любой страны. Для точной оценки уровня риска для данной страны учитывается более 15 факторов, которые связаны с экономическими, структурными и политическими рисками. Особое значение имеет оценка рисков в логистике. Для анализа рисков применяют качественный и количественный методы. Эти методы взаимосвязаны и являются наилучшими для анализа рисков. Качественная оценка риска тесно связана с количественным анализом риска.

Качественная оценка риска связана с выявлением факторов, областей и видов рисков. Количественная оценка позволяет в численной форме оценить величину отдельных рисков и риска логистической системы в целом.

При качественной оценке часто применяется SWOT анализ рисков, например, для бизнес-проектов (SWOT- strength-сила, Weaknes-слабость, Opportunity-возможность, threat-угроза) (табл.5.1). Это качественный подход, базирующийся на сравнении противоположных качеств бизнес-проекта и показывающий сильные и слабые стороны проекта.

Перечислим его основные атрибуты:

- в чем состоят сильные стороны проекта? Какие составляющие проекта являются более развитыми, продвинутыми по сравнению с другими проектами?
- какие составляющие элементы проекта являются слабыми, неразвитыми?
- какие дополнительные возможности возникают в ходе и после реализации проекта?
- какие факторы могут помешать успешной реализации проекта или сделать его невозможным, бессмысленным?

Таблица SWOT анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
Наличие производственных мощностей	Неопределенность с источниками финансирования
Опыт персонала	Неизученность рынка
Знание технологий	Слабое исследование рисков

К методам качественного анализа риска относятся:

- историко-ассоциативные;
- литературно-фантастические аналоги;
- концептуальные переносы;
- рейтинг-метод;
- метод экспертных оценок.

Для Армении, имеющей ограниченные ресурсы и сравнительно низкий уровень диверсификации экономики, наиболее подходящим является метод экспертных оценок. В практической деятельности применяются как индивидуальные, так и групповые экспертные оценки. Достоинство индивидуальной экспертизы заключается в оперативности получения информации для принятия решений и относительно небольших затратах. В качестве недостатка следует выделить высокий уровень субъективности и, как следствие, отсутствие уверенности в большей достоверности полученных оценок.

Можно выделить следующие типы групповых экспертных процедур:

- открытое обсуждение поставленных вопросов с последующим открытым или закрытым голосованием;
- свободное высказывание без обсуждения и голосования;
- закрытое обсуждение с последующим закрытым голосованием или заполнением анкет экспертного опроса.

При использовании первого метода возникают такие недостатки, как давление авторитетных и особо напористых участников на мнение других. Второй тип групповых экспертных оценок предусматривает отсутствие любого вида критики, препятствующей формулировке идей, свободной интерпретации идей в рамках поставленной проблемы. По нашему мнению, для качественной оценки рисков в Армении наиболее объективным и

лучшим являются закрытое обсуждение с последующим закрытым голосованием.

Закрытое обсуждение поставленных проблем позволяет в значительной степени устранить недостатки первого и второго типов экспертных процедур.

Примером этого может служить метод «Дельфи». Этот метод предусматривает проведение экспертного опроса в несколько этапов. Во время каждого этапа эксперты сообщают свое мнение и дают оценку исследуемым явлениям. При обработке информации, полученной от экспертов, все оценки располагают в порядке их убывания, а затем определяют медиану и квантили, которые разбивают все оценки на четыре интервала. Экспертов, чьи оценки попадают в крайние интервалы, просят обосновать свое мнение.

С этими обоснованиями и выводами, не указывая, от кого они получены, знакомят остальных экспертов. Подобная процедура позволяет специалистам, в случае необходимости, изменить свою оценку, принимая в расчет обстоятельства, которые они могли случайно упустить из виду. После получения оценок второго этапа снова рассчитывают медиану и квантили. Этот процесс продолжается до тех пор, пока продвижение к сближению точек зрения не становится незначительным. После этого фиксируются расходящиеся точки зрения. Этот метод позволяет экспертам выразить свою критику и мнения независимо от опыта эксперта.

Количественный анализ предполагает определение численных значений по отдельным видам риска, а также общую оценку социально-экономического риска коммерческого предприятия.

Для количественной оценки рисков применяются следующие методы:

- метод аналогий;
- анализ сценариев;
- точка безубыточности;
- дерево решений;
- метод экспертных оценок;
- статистические методы, основанные на:
  - вероятностных оценках,
  - уравнении Альтмана
- анализ чувствительности.

В условиях рыночных экономических отношений любой хозяйствующий субъект часто сталкивается с неординарными ситуациями, непредвиденными и незапланированными событиями, в результате которых появляется неуверенность получения конечного результата. Риски в основном определяют такого типа неуверенности, при этом возникновение тех или других рисков трудно спрогнозировать и избежать часто невозможно.

Риск в логистике - это неблагоприятное событие, которое может привести в ходе логистической деятельности к отклонению фактических параметров логистических потоков на выходе от запланированных. Основные причины возникновения риска в логистике - случайность, “информационный разрыв”, “разрыв в компетенции”, противодействие.

В Республике Армения для количественной оценки риска можно применять статистический метод как самый универсальный. Статистический метод заключается в изучении статистики потерь и прибылей, имевших место на данном или аналогичном предприятии, в определении вероятности события, установлении величины риска. Вероятность означает возможность получения определенного результата логистических процессов в системе. В процессе логистической деятельности необходимо, прежде всего, выявить величину последствия риска и вероятность его возникновения. Для этого наиболее подходящим является экспертный метод, позволяющий компенсировать недостаток информации.

В Армении для количественной оценки риска целесообразным является метод экспертных оценок, который дает о рисках более объективное представление, а из методов качественной оценки - статистический метод. Важно указать, что статистический метод тоже на 100% не отражает реальное состояние экономики. По исследованиям журнала “Евромани”, по состоянию на 14 сентября 2012 года Армения по своему уровню риска занимает 78-е место из 186 стран по уровню рисков (табл. 2). Республика Армения занимает особое геополитическое место и значение в Кавказском регионе, тем самым в ближайшем будущем станет крупным международным логистическим центром. В связи с этим необходимо оценить возможности логистических инфраструктур и логистики в целом в Армении.

Отметим, что оценка качества логистики, как для Армении, так и для большинства государств СНГ находится в прямой зависимости от положения в общем рейтинге самой России, то есть зависит от состояния логистики в РФ, куда стекаются наибольшие объемы международного транзита в регионе. Понятно, что бессмысленно ожидать от России с ее небольшим двадцатилетним опытом логистики таких же достижений в этой отрасли, какие, например, имеются в США или Германии, где логистике уже больше века. Однако нужно учесть, что без достаточного уровня развития транспортных сетей экономика не получает возможности стабильно развиваться — ее тормозит ограниченность инфраструктуры. И это не проблема отдельной отрасли, а характерная черта постсоветского бизнеса в целом. Существует объективная проблема, обуславливающая невозможность организовать безупречную доставку грузов на огромной по сравнению с тройкой лидеров рейтинга Всемирного Банка (Германия, Сингапур и Швеция) территории России. Государства Южного Кавказа обременены тремя региональными и одним глобальным конфликтом (санкции против Ирана). Имея ограниченные возможности для транзита по целому ряду направлений, они не смогут в ближайшее время кардинально улучшить свои позиции. В частности, Грузия, осуществив серьезные реформы в сфере таможни, по-прежнему занимает низкое 93-е место, разделяя его с Россией (94-е место).

Рейтинг логистики, составленный экспертами Всемирного Банка, в основном базируется на объемах и скорости контейнерных мультимодальных перевозок. Они наиболее развиты в мире. Ожидается, что в ближайшие десять лет объем контейнерных перевозок в мире увеличится более чем в два раза. Поэтому, чтобы влиться в мировое транспортное сообщество в качестве полноценных игроков, как Армении, так и другим странам СНГ необходимо развивать контейнерные перевозки. В этом плане Республика Армения имеет особое геополитическое положение и значение в Южном Кавказе и может в ближайшем будущем стать крупным международным логистическим центром. Этому способствует динамика роста Армении по показателю в рейтинге логистической инфраструктуры в последние годы.

Анализ экспертных данных и исследований показал, что Армения из Восточно-европейских стран по своему низкому

уровню риска превосходит Сербию, Македонию, Албанию, а из стран бывшего СССР по уровню риска она уступает лишь Балтийским странам, России, Грузии. По нашему мнению, необходимо учитывать и логистический рейтинг (коэффициент) страны.

По данным Всемирного Банка на 2007г., Армения по LPI заняла 132 место из 155 стран, в 2010г. - 111 место с 2,52 баллами, а уже в 2012г. - 100 место с 2,56 баллами среди 155 стран. При этом показатель эффективности составил 50,0%. По состоянию на 14 сентября 2012 года, риск Армении из возможных 100% получил оценку 44,6%. Тем не менее, следует отметить, что это еще не серьезный результат.

Армяно-российская программа долгосрочного экономического развития, подписанная в Ереване в 2012 году сроком на 8 лет - до 2020 г., послужит основой для развития не только двусторонних торговых и инвестиционных отношений, но и отношений в сфере научно-исследовательской работы и подготовки кадров, в том числе и в сфере логистики.

В целях увеличения объемов перевозок пассажиров и товаров между РФ и РА стороны будут содействовать созданию международных транспортных коридоров. Для этого в период действия программы будут осуществляться мероприятия направленные на:

- разработку, согласование и реализацию в двухсторонних отношениях эффективных логистических схем перемещения лиц, товаров и транспортных средств;
- создание условий для либерализации воздушного сообщения между РФ и РА;
- развитие международного маршрута Е 117 Минеральные Воды-Нальчик-Владикавказ-Тбилиси-Ереван-Горис-Мегри-граница с Ираном.

В целях наращивания транспортного потенциала Республики Армения и возможностей ее участия в международном разделении труда, а также во взаимовыгодном торгово-экономическом сотрудничестве с Российской Федерацией, наши страны продолжают работу по приоритетным долгосрочным проектам взаимодействия в данной сфере, в том числе по реализации Концессионного договора между Министерством транспорта и связи Республики Армения, ЗАО «ЮКЖД» и ОАО «РЖД» о передаче железнодорожной



системы Республики Армения ЗАО «Южно-Кавказская железная дорога» от февраля 2008г.

Таблица 5.2

Уровень стран бывшего СССР и Восточной Европы и оценка обуславливающих его факторов

Страны	Место страны из 186	Оценка риска страны (100)	Экономический риск (30)	Политический риск (30)	Структурный риск (10)	Доступ на рынок капитала (10)	Суверенный рейтинг (10)	Показатель долга (10)
Чехия	22	70.88	65.77	71.80	65.41	8.17	7.71	7.18
Словакия	23	69.33	65.89	70.28	62.33	7.92	7.08	7.24
Эстония	26	68.15	64.73	69.73	66.16	5.50	7.71	7.98
Польша	29	66.76	63.94	69.92	57.21	8.40	6.46	6.00
Хорватия	58	53.72	46.75	56.09	55.60	5.50	4.38	7.44
Россия	61	52.20	57.79	43.00	46.87	5.88	4.17	3.32
Болгария	62	51.38	58.00	54.37	46.28	4.75	4.79	3.48
Венгрия	68	49.44	41.23	53.62	54.95	4.67	3.75	7.08
Казахстан	69	48.48	58.00	45.17	51.58	5.67	5.21	1.49
Румыния	70	48.34	50.54	50.41	46.87	5.88	4.17	3.32
Латвия	72	47.07	49.40	58.06	50.30	5.33	4.38	0
Грузия	75	44.60	45.92	51.47	54.21	3.88	2.50	3.59
Армения	78	44.26	48.62	51.01	49.25	3.38	2.81	3.26
Азербайджан	80	43.10	51.64	36.51	29.32	4.25	4.38	5.07
Сербия	83	41.79	41.38	45.5	55.66	4.25	2.81	3.26
Монтенегро	115	33.03	30.00	41.82	24.00	2.00	2.50	4.56
Белоруссия	134	28.05	32.50	29.17	30.10	1.25	0.63	4.67

---

## 5.2 ЗАДАЧИ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Методы решения задач логистического обслуживания заключаются в эффективной организации потоков сырья, материалов и готовой продукции, а так же в управлении ими и соответствующими информационными потоками в общей системе функционирования транспортного предприятия.

Задачи логистического обслуживания транспортного предприятия (ТП) можно объединить в следующие группы:

- Минимизация времени в транзите;
- Оптимизация запасов;
- Сведение к минимуму логистических рисков;
- Совершенствование технического обслуживания.

На рис.5.1 показаны критерии эффективности выбранных методов в логистике, т.е. экономические результаты.

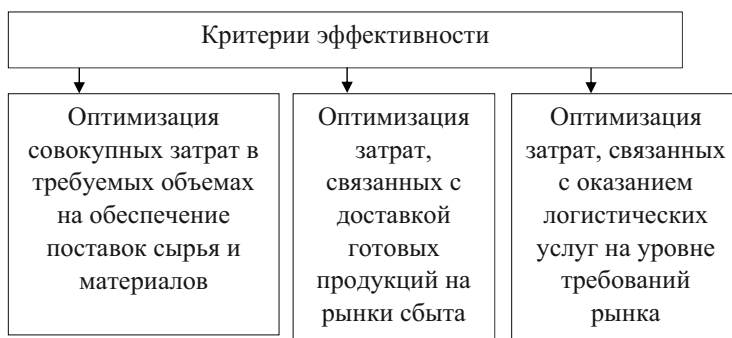


Рис. 5.1. Критерии эффективности выбранных методов решения логистических задач.

При этом логистика в ТП должна быть основана на использовании современных экономико-математических методов и методологий с целью выбора наиболее оптимальных решений.

На рис.5.2 представлены задачи логистического обслуживания типичного ТП, а на рис.5.3 – основные принципы теории логистики.

В области логистики также, как правило, применяется принцип, согласно которому стратегическое планирование является процессом творческим.

Оно ориентировано больше на цели, чем на процессы, а так же на то, что творческий процесс невозможен без инноваций.



Рис. 5.2. Основные задачи логистического обслуживания транспортного предприятия.

Методологией, позволяющей успешно решать поставленную логистическую задачу, является теория неравномерности прогрессивной развитости рыночных структур и механизмов как в одном и том же ограниченном пространстве, так и в глобальной экономике.

При этом из циклического характера сферы приложения логистики следует, что логистическая система (ЛС) функционирует

также циклически. Производственно –технологический цикл замыкается спросом, которым создается обратная связь между потребителем-рынком и производством.

В свою очередь рынок, в меру своей специфики, в той же или иной модели экономики определяет риски и динамику функционирования ЛС.

Практика показывает, что как в промышленной, так и в предпринимательской экономике собственно логистические переходы используются преимущественно в той же мере, в какой обнаруживают общие черты и аналогии в ее функционировании и развитии в процессах совершенствования целевой организационно-экономической деятельности сложных динамических структур других типов.



Рис. 5.3. Основные принципы предпринимательской логистики

### 5.3 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ИЗДЕЛИИ, ИСПОЛЬЗУЕМОМ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В результате жизнедеятельности крупнейших индустриальных и сельскохозяйственных центров (объектов) РФ образуются десятки млн. тонн твердых промышленных отходов (ТПО).

При этом к ним ежедневно добавляются отходы коммунально-городского хозяйства, включая твердые бытовые отходы (ТБО). Совокупный рост объемов промышленно-бытовых отходов (ТПБО) составляет 5...8% в год.

Однако, при развитии мощностей по переработке отходов существенно возрастает потребность в площадях для новых установок (промышленного и с.-х. производства), а также в определении потребности в изделиях (приборах) различного назначения, из которых комплектуется система переработки отходов.

Уже в настоящее время проблема размещения стала основным сдерживающим моментом в развитии производств по переработке ТПБО. В большинстве стран Европы и Северной Америки управление потоками ТПБО включает ряд обязательных этапов.

К их числу относятся:

- программы по снижению объемов образования ТПБО;
- широкое внедрение их вторичного использования;
- применение соответствующих фракций ТПБО в качестве сырья для основных производственных процессов;
- утилизация энергетического потенциала отходов;
- захоронение остатков ТПБО, не обладающих никакими полезными свойствами на экологически нейтральных полигонах.

Таким образом, фактически алгоритм обращения с ТПБО в развитых странах воплощает принцип устойчивого развития и может быть представлен следующим образом;

- редукция;
- вторичное использование;
- переработка;
- извлечение энергии;
- захоронение остатков.

Полнота реализации этого алгоритма в разных странах определяется конкретными экологическими, сырьевыми, демографическими и др. условиями.

Однако, в целом европейскими странами принята стратегия, в соответствии с которой возобновимые источники энергии (к числу которых относятся ТПБО) должны составлять в их энергобалансе 10...15% к 2010г.

Основными направлениями московских предприятий по управлению потоками ТПБО (например, МГУП «Промотходы») являются:

- создание общегородской системы централизованного удаления и переработки всех видов отходов (кроме радиоактивных) промышленных предприятий, а также экологически опасных отходов и вторичных материальных ресурсов от объемов коммунального и жилого секторов г. Москвы;
- развитие системы экологического контроля, правового регулирования, нормативно-методического и информационного обеспечения обращения с отходами;
- координация работ, направленных на сокращение промышленных отходов города и др.

В связи с разнообразием веществ и материалов, подпадающих по категории ТПБО (и разными технологиями их переработки), до настоящего времени не существует единого подхода к созданию типового (стандартного) перерабатывающего завода.

При этом стратегия управления ТПБО осуществляется по средствам химико-технологических систем (ХТС) удаления отходов, которые фактически являются инструментом их воплощения. Структура такой ХТС является прямым отражением экологической политики государства.

Следует отметить, что во многих регионах РФ, странах СНГ, части Восточной Европы и в развивающихся странах реальные ХТС включают две основные системы: источник ТПБО и свалку (рис.5.4)



Рис.5.4 Реальные ХТС переработки ТПБО в развивающихся странах (примитивные цепочки удаления ТПБО)

Однако в большинстве экологически развитых стран ХТС удаления ТПБО включают спектр методов и производств, позволяющих осуществить индустриальную переработку и обезвреживание различных ингредиентов (рис.5.5).

Заметим, что все совершенные ХТС включают полигоны захоронения ТПБО, куда поступают непрореагированные остатки от переработки отходов.

Таким образом, при выборе методов и оборудования переработки твердых отходов (промышленных пылей, остатков непрореагированного сырья, побочных продуктов, отходов основного производства, осадков, шлаков и др.) существенную роль играют:

- состав твердых отходов,
- их количество и цена,
- экологическая безопасность.

В РФ вторичную переработку осуществляют по следующим основным вариантам:

- обезвреживание,
- извлечение полезных веществ,
- уничтожение,

- захоронение.

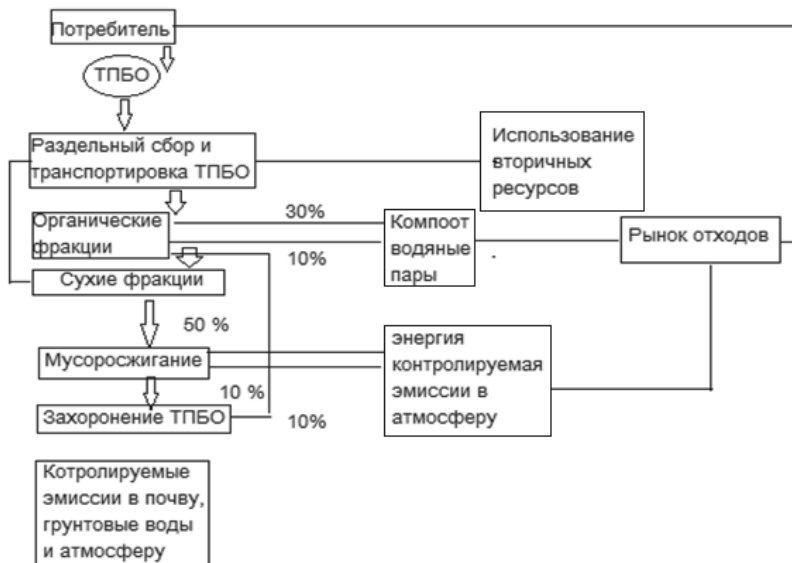


Рис.5.5. Реальные ХТС переработки в экономически развитых странах (совершенные цепочки удаления ТПБО)

При этом анализ соответствующих процессов позволяет сформулировать основные требования к их разработке:

- 1). Технологический процесс должен потреблять минимальное количество энергозатрат и реагентов;
- 2). Продукт вторичной переработки должен иметь потребительскую ценность.

Рассмотрим методику определения потребности в изделии (приборе), используемом в условиях промышленного или с.-х. производства (например, в ХТС удаления отходов).

Принимаем независимую от объема производства удельную фондоемкость, которая рассчитывается по формуле (при этом для удобства расчетов считаем удельную фондоемкость всех изделий, выпускаемых на заводе, постоянной):

$$\Phi_{jt} = \Phi_t = \frac{\Phi_{ocnt} + \Phi_{обт}}{П_{тг}} \quad (5.1)$$



где  $-П_{Tt}$  - товарная продукция завода;

$\Phi_{\text{оснт}}$  - стоимость основных фондов;

$\Phi_{\text{обт}}$  - стоимость оборотных фондов завода.

При этом народнохозяйственный эффект от использования всех изделий (приборов), выпущенных в течение  $T_{\text{опт}}$  лет, должен определяться за  $T_{\text{экс}}$  лет. Снижение эффекта по периоду эксплуатации связано с физическим износом изделий.

Например, для приборов контроля уровня (применяемых на объектах АПК), гарантийный срок службы которых 6.. Л 0 лет, а ремонт относительно прост, темпы снижения незначительны и описываются многочленом второй степени с параметрами:  $a=1,0$ ;  $a_1=-0,02$ ;  $a_2=-0,008$ .

При  $T_{\text{гар}}=10$ ,  $T_{\text{экс}}=4$  года удельный эффект за этот период эксплуатации будет равен:

$$\sum_{t_{\text{экс}}=1}^{T_{\text{экс}}=4} \mathcal{E}_j(t_{\text{пр}}) \cdot (1-0,02t_{\text{экс}} - 0,08t_{\text{экс}}^2) = 3,56\mathcal{E}(t_{\text{пр}}) \quad (5.2)$$

Тогда суммарный народнохозяйственный эффект от всех выпущенных приборов составит:

$$\mathcal{E}_j^{\text{н/х}} = \sum_{t_{\text{пр}}} Ц_{jt} \cdot A_{jt} \cdot 3,56 \frac{14,4e^{-0,51t}}{(1+2,8e^{-0,51t})} \cdot B_{oj} \quad (5.3)$$

Многообразие условий применения приборов и сложность определения эффекта могут привести к снижению адекватности оценок или невозможности получения их на этапах планирования и проведения разработок.

При этом в ряде случаев более объективной может быть оценка оптимального периода производства по соотношению затрат и технического уровня сопоставляемых моделей приборов, используемых на объектах АПК.

Критерий оптимизации можно представить в виде соотношения:

$$\frac{Z_1 - Z_0}{K_{TY1} - K_{TY0}} \rightarrow \min \quad (5.4)$$

где  $Z_1, Z_0$  – приведенные затраты на разработку, производство и эксплуатацию новых и заменяемых приборов;

$K_{TY1}, K_{TY0}$ - обобщенные показатели технического уровня приборов, измененные по постоянной базе;

Моделирование критерия (5.4) по группе приборов контроля уровня позволяет получить оптимальные значения периода производства в зависимости от начального значения технического уровня ( $K_{TY0}$ ), его прироста у нового прибора ( $\Delta K_{TY}$ ), соответствия затрат по старому и новым приборам их расчетным значениям ( $\Delta Z_1, \Delta Z_0$ ).

При этом расчетные значения затрат получены по регрессивным моделям в зависимости от технического уровня и условий функционирования приборов объекта АПК.

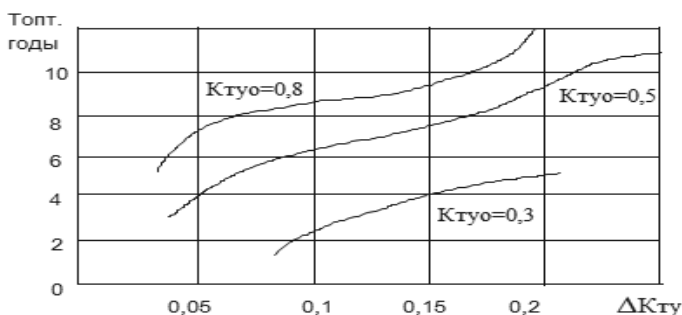


Рис.5.6 Зависимость оптимального периода производства от прироста технического уровня

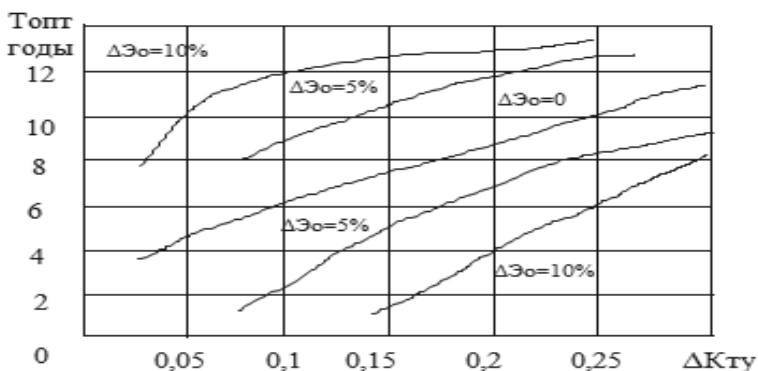


Рис.5.7 Влияние изменения затрат по базовому прибору на оптимальный период его производства ( $K_{TY0} = 0,5$ )

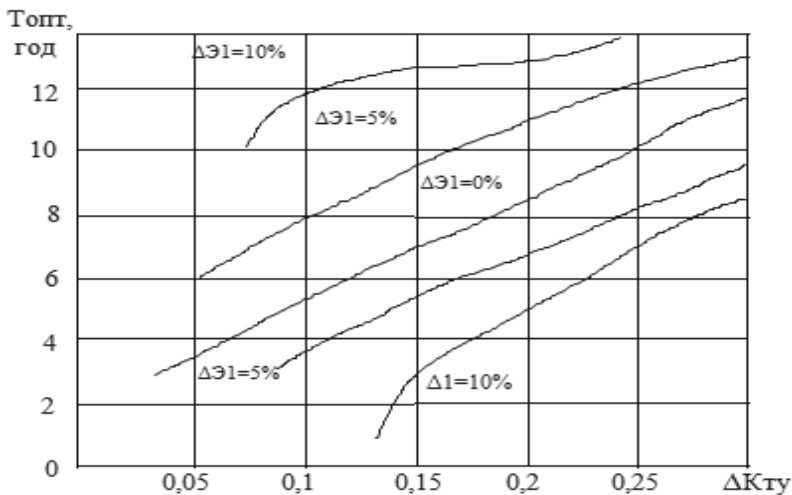


Рис.5.8 Влияние изменения затрат по новому прибору на оптимальный период производительности базового ( $K_{\text{тыо}}=0,5$ )

На рис. 5.6...5.8 приведены результаты расчетов по приборам уровня (применяемым на различных объектах АПК), позволяющие сделать следующие выводы:

1. Чем больше ожидаемый прирост технического уровня новой модели по сравнению со старой, тем больший период последняя выпускается (рис.5.6). Это объясняется тем, что требуется большее время для накопления возможностей большего роста технического уровня. Одновременно больший уровень морального старения базового прибора и, следовательно, снижение эффективности его эксплуатации компенсируют значительный рост затрат на новый прибор.
2. Оптимальный период производства растет по мере роста технического уровня (исчерпания технических возможностей группы). При прочих равных условиях ( $AK = 0,1$ ;  $D3=0$ ) оптимальный период производства прибора с техническим уровнем 0,3 равен 3 годам, а с техническим уровнем 0,8 уже 9 лет (рис.5.6). Сущность этой закономерности, связанная с нарастанием технического уровня по логической кривой, была показана ранее.

3. Оптимальный период производства прибора возрастает, если снижаются затраты его функционирования по сравнению со сложившейся тенденцией. И наоборот, если прибор дороже, чем аналогичные с учетом различий в техническом уровне, то он должен быть заменен раньше. Так, например, снижение затрат по сравнению средним уровнем на 10% увеличивается оптимальный период на 3..4 года (рис.5.7).

#### **5.4 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ - ОДНО ИЗ ВАЖНЕЙШИХ НАПРАВЛЕНИЙ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Любое муниципальное образования должно быть локомотивом развития своей территории. Без энергоресурсов сделать это невозможно – кто владеет энергией, тот владеет всем! Желательно быть хозяином своей энергии или хотя бы не зависеть полностью от энергопроизводителя! Но как это сделать?! Наряду с большой энергетикой, должна существовать малая, которая в данный момент находится в зачаточном состоянии, и которую необходимо развивать самыми активными темпами, что не умаляет надобности в развитии и большой энергетике, просто они решают разные задачи. До сегодняшнего дня у нас есть фактически только большая энергетика, хотя большинство развитых стран рационально сочетают возможности и того и другого. Большая энергетика призвана решать задачи перетоков мощности по стране, транспорта электроэнергии (труба), развития атомной генерации, иметь резервные мощности, максимально (с учётом экологической безопасности!) развивать гидрогенерацию, вкладывать деньги в исследования термоядерного синтеза и сверхпроводимости, заботится о надёжном снабжении объектов государственной значимости. Естественно, без государства такие задачи не решить. Наряду с большими задачами есть и задачи локального характера - снабжения энергоресурсами районов на уровне муниципального образования, вплоть до отдельно взятых промышленных предприятий, такие решения будут значительно дешевле, быстрее и

эффективнее. Основная идея - услуга должна быть донесена до потребителя.

Энергетика любого государства является решающим фактором прогресса её экономики, а также является уровнем благосостояния граждан при тех или других обстоятельствах, или импульсом, или тормозом его развития. Годовое потребление энергии в мире составляет около 14 млрд.т у.т. Сейчас интенсивно потребляются ресурсы органического происхождения - уголь, нефть, естественный газ(преимущественно!)- 82%, атомная энергетика - 7%, энергия ГЭС - 3%, дрова 7% и энергия возобновляемых источников -1%. Но уровень экономического развития любой страны в нынешнее время определяется не количеством добытых или потребленных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), а эффективностью их использования - энергоемкостью ВВП, удельными затратами ТЭР на единицу изготовленной продукции. Эти показатели значительно меньше в тех странах где созданы действенные экономические и правовые механизмы стимулирования энергосбережения и использования всех возможных вариантов вспомогательных и/или «замещающих» видов энергии, на основе которых возник рынок энергосберегающих технологий и оснащения, спроса и предоставления услуг по энергосбережению и энергозамещению (как правило, на основе возобновляемых источников энергии – ВИЭ).Появился новый критерий оценки экономического развития стран, который стал широко использоваться в последние десятилетия: это частица энергии, выработанной из нетрадиционных и возобновляемых источников. В экономически высокоразвитых странах она достигает от 0,7%(Большая Британия) до 64,5% (Исландия) и имеет чёткие тенденции к увеличению в будущем.

К настоящему моменту стихийное развитие альтернативной энергетики(АЭ), малой энергетики(МЭ), использование ВИЭ(возобновляемые источники энергии) породило такое количество проблем, что, на наш взгляд, возникла острая необходимость их правового решения и философского осмысления путей развития АЭ, МЭ, ВИЭ. При этом, основная цель принятия нормативного акта всегда состоит в том, чтобы, уловив тенденции, придать сложившимся в какой-то сфере общественным отношениям характер системы. А сложившиеся к настоящему

моменту отношения требуют прежде всего законодательного оформления следующих вопросов:

- закрепление равных прав всех производителей электроэнергии;
- обязательная покупка электроэнергии, произведенной на малых электростанциях, централизованной энергосистемой;
- обязательное лицензирование деятельности в сфере нетрадиционной и малой энергетики;
- стандартизация и сертификация оборудования, методов и средств производства, преобразования, передачи, накопления и распределения нетрадиционной и малой энергетики;
- определение нормативных экологических параметров для оборудования малой и нетрадиционной энергетики;
- сохранение дотаций на завоз энергоресурсов для регионов страны, не обеспеченных ими, за счет централизованного энергоснабжения;
- предоставление налоговых и таможенных льгот для комплектующих изделий и запасных частей к энергооборудованию, импортируемому на территорию России и т. д.

Проблема законодательного подтверждения статуса АЭ, МЭ, ВИЭ не возникла внезапно . Еще в 1993 году в Министерстве топлива и энергетики Российской Федерации была разработана "Концепция развития и использования возможностей малой и нетрадиционной энергетики в энергетическом балансе России". Именно в этой Концепции было чётко определено, какие энергообъекты относить к "малой", а какие к нетрадиционной энергетике. До этого стандартизованных и общепринятых понятий не существовало. При этом в Концепции, к разработке которой были привлечены ведущие специалисты в области энергетики, отмечалось, что для реализации поставленных задач необходимо создать нормативно-правовую базу отрасли.

Почему же вопрос о законодательном регулировании малой и нетрадиционной энергетики до сих пор не решен?

В ходе обсуждений столкнулись представители двух точек зрения. Одна из них предполагает самостоятельное существование малой и нетрадиционной энергетики, создание независимых локальных энергосистем, которые смогли бы создать конкурентную среду в электроэнергетике. Как правило, это точка зрения региональных властей и производителей.

Другая точка зрения, которую поддерживают Федеральные структуры управления, заключается в том, что страна должна сохранить единую энергосистему, т. е. малая и нетрадиционная энергетика должна стать её составной частью.

В Государственной думе в течение нескольких лет проходили слушания различных проектов законов: "О малой энергетике", "О нетрадиционной энергетике", "О малой и нетрадиционной энергетике" и др. Некоторые из этих проектов законов не только рассматривались, но даже и принимались в первом и втором чтениях, но, как это часто у нас бывает, ни один из них так и не был окончательно принят. Это наглядно показывает, насколько серьезно эти проблемы затрагивают групповые интересы крупнейших участников российского рынка энергетики.

Интерес к данной проблеме обусловлен не только тем, что значительная часть территории нашей страны лишена централизованного энергоснабжения, но и стремлением уйти от диктата естественных монополистов, непомерных затрат на транспортировку, использовать более дешевые местные ресурсы. Особенно интерес к проблеме обострился в 2008 г. по причине развития в мире общего структурного экономического кризиса

В Советском Союзе в развитии электроэнергетики делался упор на строительство гигантских гидроэлектростанций, атомных электростанций, а также на строительство протяжённых линий высоковольтных передач и трансформаторных станций. Однако при функционировании гигантских электростанций и при передаче электроэнергии на большие расстояния имели место громадные потери электроэнергии, что в конечном итоге сильно снижало эффективность производства в отрасли. Знакомство же с опытом развития энергетики за рубежом убеждает в необходимости наряду с крупными централизованными энергосистемами развивать локальные и вспомогательные энергосистемы в регионах, используя для этих целей самые различные виды энергии (топлива). Современное положение дел в электроэнергетике только укрепляет в этом мнении. Так, многие крупные электростанции, несмотря на высокие тарифы на электроэнергию, находятся в плачевном состоянии. У них нет средств на ввод новых мощностей, на обновление устаревшего оборудования, а иногда даже на проведение текущего ремонта и профилактических работ. А что касается строительства новых крупных электростанций, то об этом

в настоящее время и говорить не приходится. Найти частного инвестора, который вложил бы огромные деньги в осуществление проекта и затем ждал добрый десяток лет, когда окупятся его затраты, невозможно. Такие проекты, как правило, осуществляются при активной финансовой поддержке государства, что в настоящее время практически невозможно.

На этом фоне преимущества малой и нетрадиционной энергетики очевидны. На сооружение её объектов нужны, как правило, сравнительно небольшие средства, которые могут предоставить многие частные предприниматели. Объекты малой энергетики быстро окупаются, особенно, если они работают на местных ресурсах. Скорее всего, как показывает жизнь, малая и нетрадиционная энергетика должна рассматриваться как составная часть энергосбережения, а не как самостоятельная отрасль энергетики.

По-видимому:

--Как бы ни пытались сторонники единой энергетической системы поставить под контроль развитие малой и нетрадиционной энергетики, рано или поздно рыночная экономика сделает своё дело - энергетическая монополия будет разрушена.

--Создание локальных энергетических систем в отдельных регионах и автономных систем энергообеспечения на отдельных предприятиях очень популярно и, вероятно, не имеет зачастую альтернативы. Возникновение здоровой конкуренции позволяет снизить затраты на производство продукции и обеспечить равные права нашим производителям на мировом рынке.

Известны замечательные примеры того, как одно только намерение создать собственную электростанцию в корне меняло ситуацию на рынке электроэнергии. Мы убеждены, что необходимо как можно быстрее узаконить существование формирующихся в России МЭ, АЭ, ВИЭ, и совершенно не важно, как будет называться закон, ибо стихийное развитие малой и нетрадиционной энергетики порождает большое количество проблем, которые со временем решать будет всё труднее и труднее

Хотелось бы остановиться на возможных «нетрадиционных» подходах развития МЭ, АЭ, ВИЭ и путях усиления конкурентоспособности этих энергетических направлений. Основным недостатком АЭ, ВИЭ (ветер, солнце, приливы и пр.) да и МЭ (например, гидроэнергетики на «деревенских» речках!) это



зависимость от погодных условий, достаточная удалённость «удобных» мест от потребителя, малая «порционность» получаемой энергии.

А если использовать недостатки «во благо»?! Ветряная мельница эффективно работала 1-2 раза в месяц. Но за это время она успевала намолотить зерна для ближайшей деревни на 1,5-2 месяца потребления. В природе есть хороший пример энергетической «унификации». Что бы живое существо не съело, в результате (очень упрощённая трактовка...) образуется энергозапас в виде порции АТФ, который используется как «топливо», для самых различных целей, в различных количествах и в разное (нужное организму-читай обществу...) время.

Если мини-источник АЭ производит некий энергетический продукт (когда непосредственная энергия не нужна, или, например, гидроустановка стоит на ручье в «медвежьем» углу) который легко накапливается, легко суммируется и хорошо долго хранится, то N источников могут накопить вполне реальный объём коммерческого энергоресурса, обеспечивающего непрерывную работу стационарной энергоустановки в любое время. Таким продуктом может быть металлический натрий, алюминий, цинк-соляная кислота (электролиз хлористого цинка), и т.д. Нам кажется, что эти подходы:

- Прерывистая и малопорционная наработка некоего общего стандартизованного энергоэквивалента,

- Циклическое производства коммерческого и/или технологического продукта в количествах, обеспечивающих стабильное потребление между циклами производства,

- Совмещение нескольких видов АЭ, ВИЭ, МЭ (например, ветер, солнце, биогаз и пр. для увеличения надёжности и укорочения естественных циклов)

смогут существенно расширить области и территории использования АЭ, МЭ, ВИЭ, резко увеличить их долю в общем энергетическом балансе и стать базой для большой энергетики. Собранный по крупинке энергия от небольших ВИЭ (а гигантомания здесь противопоказана!) обобщённая и разумно (экономно и по делу) использованная, возможно снимет с человечества роковую зависимость от ископаемых углеводородов и научит ценить малые, но многочисленные источники энергии. А

может быть по другому построить нашу безумно расточительную потребительскую цивилизацию.

Всё великое состоит из малого...

Очень многообразна и перспективна «малая» гелиоэнергетика. На земле есть множество мест, где солнце нещадно палит с небосклона, иссушая почву и выжигая растительность, превращая местность в пустыню. В принципе можно сделать такую землю плодородной и пригодной для жизни. Нужно «только»(!!!)

обеспечить её водой, построить селения с комфортабельными домами. Прежде всего для этого потребуется много энергии.

Получить её от того же иссушающего, губящего солнца, превратив солнце в союзника человека, очень важная и технически очень увлекательная задача.

В первую очередь учёные направляют свои усилия на получение с помощью солнечной энергии воды. Вода есть практически везде и в пустыне . и в засушливых районах тоже, да и найти её сравнительно нетрудно — расположена она часто неглубоко. Но использовать как правило эту воду нельзя — слишком много в ней растворено различных солей, она обычно ещё более горькая, чем морская. Чтобы применить подпочвенную воду пустыни для полива, для питья, её нужно обязательно опреснить. Если это удалось сделать, можно считать, что рукотворный оазис готов: здесь можно жить в нормальных условиях, пасти овец, выращивать сады, причём круглый год — солнца достаточно и зимой. По расчетам ученых, только в Средней Азии может быть построено семь тысяч таких оазисов. Всю необходимую энергию для них может давать солнце.

Принцип действия солнечного опреснителя очень прост. Это сосуд с водой, насыщенной солями, закрытый прозрачной крышкой. Вода нагревается солнечными лучами, понемногу испаряется, а пар конденсируется на более холодной крышке. Очищенная вода (соли-то не испарились!) стекает с крышки в другой сосуд.

Конструкции этого типа известны довольно давно. Богатейшие залежи селитры в засушливых районах Чили в прошлом веке почти не разрабатывались из-за отсутствия питьевой воды. Тогда в местечке Лас-Салинас по такому принципу был построен опреснитель площадью 5 тысяч квадратных метров, который в жаркий день давал по 20 тысяч литров пресной воды.

Очень много энергии люди затрачивают на зимнее отопление жилищ и промышленных зданий, на круглогодичное обеспечение горячего водоснабжения. И здесь на помощь может прийти солнце. Разработаны гелиоустановки, способные обеспечить горячей водой дома и животноводческие фермы. В мире созданы десятки типов солнечных установок и систем для горячего водоснабжения производительностью до 100 тонн горячей воды в день для обеспечения самых различных объектов.

Солнечные нагреватели установлены на многочисленных домах в различных южных странах. Одна из сторон крутой крыши, обращенная к солнцу, состоит из солнечных нагревателей, с помощью которых дом отапливается и снабжается горячей водой. Планируется постройка уже целых посёлков, состоящих из таких домов.

В первую очередь заинтересовались гелиоэнергетикой учёные стран, расположенных в тропиках, где в году бывает очень много солнечных дней. В Индии, например, разработали целую программу использования солнечной энергии. В Мадрасе действует первая в стране солнечная электростанция. В Делийском университете изготовлена холодильная гелиоустановка, способная охлаждать продукты до 15 градусов ниже нуля. Так что солнце может не только нагревать, но и охлаждать!

Даже в Чехии, расположенной значительно севернее, работают уже более 500 установок солнечного теплоснабжения. Общая площадь их действующих коллекторов вдвое превышает размеры футбольного поля! Солнечные лучи обеспечивают теплом детские сады и животноводческие фермы, открытые плавательные бассейны и индивидуальные дома.

Строительство «солнечного посёлка» начато в алжирской провинции Мсила. Всю энергию жители этого довольно большого поселения будут получать от Солнца. Каждый жилой дом в этом поселке будет оборудован солнечным коллектором. Отдельные группы солнечных коллекторов обеспечат энергией промышленные и сельскохозяйственные объекты. Может быть этот посёлок станет прообразом тысяч подобных поселений в жарких странах?!

Право называться первым солнечным поселением оспаривает у алжирского посёлка австралийский городок Уайт-Клиффс. Принцип использования солнечной энергии здесь особый. Учёные предложили использовать солнечное тепло для разложения

аммиака на водород и азот. Если этим компонентам дать возможность вновь соединиться, выделится тепло, которое можно использовать для работы электростанции точно так же, как и тепло, получаемое при сжигании обычного топлива. Этот метод использования энергии особенно привлекателен тем, что энергию можно запасать впрок в виде ещё не прореагировавших азота и водорода и использовать её ночью или в ненастные дни.

Целый экологически чистый городок, все энергетические потребности которого будут удовлетворяться за счет возобновляемых источников, строится в Бразилии. На крышах домов этого необычного поселения будут располагаться солнечные водонагреватели. Четыре ветряных двигателя приведут в действие генераторы мощностью по 20 киловатт каждый. В безветренные дни электроэнергия будет поступать из здания, расположенного в центре города. Его крыша и стены — это солнечные батареи. Если не будет ни ветра, ни солнца, энергия поступит от обычных генераторов с двигателями внутреннего сгорания, но тоже особенных — топливом для них будет служить не бензин или дизельное топливо, а спирт, не дающий вредных выбросов.

Химический метод получения электричества от солнца вообще довольно заманчив. При его использовании солнечную энергию можно будет запасать впрок, хранить её как любое другое топливо.

Пока еще электрическая энергия, рожденная солнечными лучами, обходится намного дороже, чем получаемая традиционными способами. Ученые надеются, что эксперименты, которые они проведут на опытных установках и станциях, помогут решить не только технические, но и экономические проблемы. Использовать экономически целесообразно рассеянную на обширных просторах земной поверхности «неиссякаемую» и практически «безграничную» солнечную энергию очень непросто, но в списке резервов человечества этот источник энергии обязательно будет значиться на одном из первых мест.

Наше природное достояние Солнце не зря называют «СВЕТИЛО». Оно не только греет и даёт пищу и возможность самой жизни, но прежде всего светит. А в наше время, когда бурная человеческая деятельность не прекращается ни днём, ни ночью, энергетические затраты на освещение очень велики. И поэтому прежде всего хотелось бы использовать наше Солнышко по простому прямому назначению: обеспечить освещение «тёмных

углов» дешёвым и таким добрым , физиологичным натуральным дневным светом.

Есть сведения, что ещё в 60-е годы студенты Ленинградского политехнического института «бредили» днём полностью исключить использование искусственного освещения не только в аудиториях, но и в подсобных помещениях, не имеющих окон, а потом и ночами освещать помещения (хотя бы технические!) запасённой энергией Солнца. Много чего интересного они придумали, но тогда ещё, видимо, время «не пришло». Ещё термин «световод» даже широкая научная публика только начинала воспринимать. Ещё светодиоды (которые 95% энергии преобразуют в свет, а не 5%, как лампы накаливания) были только в смелых задумках ученых.

## **ГЛАВА 6**

### **МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

#### **6.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ К ТЕХНИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ**

Общие требования к производственному оборудованию и производственным процессам установлены ГОСТ 12.2.003 – 91 и ГОСТ 12.3.002 – 75.

При этом безопасность производственных процессов в основном определяется безопасностью производственного оборудования.

Согласно ГОСТ 12.2.003 – 91 производственное оборудование должно:

- обеспечить безопасность работающих при монтаже (демонтаже), вводе в эксплуатацию и эксплуатации;
- иметь органы управления и отображения информации, соответствующие экономическим требованиям, а также быть расположенным таким образом, чтобы пользование ими не вызывало повышенной утомляемости;
- иметь систему управления оборудованием, обеспечивающую надёжное и безопасное её функционирование на всех предусмотренных режимах работы оборудования и при всех внешних воздействиях в условиях эксплуатации.

ГОСТ 12.3.003 – 75 устанавливает принципы безопасности организации производственных процессов, общие требования безопасности.

При этом основными требованиями безопасности к ТП являются:

- устранение непосредственного контакта работающих с исходными материалами, заготовками, полуфабрикатами, готовой продукцией и отходами производства, оказывающими вредное воздействие;
- замена ТП и операций, связанных с возникновением травмоопасных и вредных производственных факторов (ПФ),

процессами и операциями, при которых указанные факторы отсутствуют или обладают меньшей интенсивностью;

- комплексная механизация и автоматизация производства, применение дистанционного управления ТП и операциями при наличии травмоопасных и вредных ПФ;
- герметизация оборудования;
- применение средств коллективной защиты работающих;
- рациональная организация труда и отдыха с целью профилактики монотонности и гиподинамии, а также ограничения тяжести труда;
- своевременное получение информации о возникновении опасных ПФ на отдельных технологических операциях;
- внедрение системы контроля и управления ТП, обеспечивающих защиту работающих и аварийное отключение производственного оборудования;
- своевременное удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками травмоопасных и вредных ПФ, обеспечение пожаро- и взрывобезопасности.

При определении необходимых средств защиты следует руководствоваться указаниями соответствующих разделов стандартов ССБТ по видам производственных процессов и группам производственного оборудования, используемых в этих процессах.

Общие требования экологичности к производственному оборудованию и процессам установлены СН 1042-73, а также стандартами системы стандартов «Охрана природы».

Основными нормативными показателями экологичности производственного оборудования и ТП, а также предприятий и транспортных средств являются предельно допустимые выбросы (ПДВ) в атмосферную среду, предельно допустимые сбросы (ПДС) в гидросферу и предельно допустимые энергетические воздействия (ПДЭВ).

## **6.2. ЭКСПЕРТИЗА БЕЗОПАСНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Экспертиза должна производиться как на этапе проектирования, так и перед производством и внедрением разработок. Первый этап экспертизы может производиться как проектными, так и независимыми общественными организациями.

Порядок экспертизы безопасности проектов на новую технику и технологии и выдачи на них заключений установлен Минздравом РФ и проводится Государственной экспертизой условий труда с участием органов Санэпиднадзора РФ, а в некоторых случаях и других надзорных органов.

Применительно к оборудованию и ТП, имеющих аналоги, как правило, производится расчётная оценка ожидаемого уровня негативных факторов и сопоставление полученных величин с предельно допустимыми значениями.

При создании опытных образцов определяется фактическое значение этих факторов. В случае, если эти значения превышают допустимые величины, установленные ССБТ, производится доработка оборудования за счёт введения соответствующих средств защиты или повышения их эффективности.

Одновременно, используя статистические данные по травматизму и заболеваниям, устанавливают причины отходов систем, травм, профзаболеваний и разрабатывают соответствующие требования безопасности, в том числе устанавливают соответствующие показатели безопасности.

Применительно к оборудованию и ТП, не имеющим аналогов, производится идентификация опасностей и связанных с их возникновением негативных факторов. Учитывая многообразие связей в системе «человек – машина – окружающая среда» и соответствующее многообразие причин аварий, травматизма и профессиональных заболеваний для выявления производственных опасностей применяют метод моделирования с использованием диаграмм влияния причинно-следственных связей на реализацию этих опасностей. При этом наибольшее распространение получили методы с использованием дерева отказов или дерева происшествий.

### **6.3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Экологическая экспертиза техники, технологий, материалов включает в себя отраслевую и государственную экспертизу.

Г о с у д а р с т в е н н а я экологическая экспертиза новой продукции – это рассмотрение документации (или образцов) новой продукции, производимое экспертными подразделениями органов



государственного управления в области природопользования и охраны ОПС на республиканском и региональном (территориальном) уровне.

Отраслевая экологическая экспертиза – рассмотрение документации (или образцов) новой продукции, проводимое отраслевыми организациями (предприятиями), определёнными в качестве головных по отрасли (или по виду продукции) по вопросам экологической безопасности.

Цель экологической безопасности экспертизы новой продукции (ЭЭНП) – предупреждение возможного превышения допустимого уровня вредного воздействия на ОПС в процессе её эксплуатации, использования, переработки или уничтожения.

Главная задача ЭЭНП – определение полноты и достаточности мер по обеспечению требуемого уровня экологической безопасности новой продукции при её разработке.

При этом особо можно выделить:

- определение соответствия проектных решений создания новой продукции современным природоохранным требованиям;
- оценка полноты и эффективности мероприятий по предупреждению возможных аварийных ситуаций, связанных с производством и потреблением (использованием) новой продукции, а также ликвидации их возможных последствий;
- оценка выбора средств и методов контроля воздействия продукции на состояние ОПС и использование природных ресурсов;
- определение полноты достоверности и научной обоснованности проведённой оценки воздействия на ОПС.

По результатам экологической экспертизы составляется экспертное заключение, включающее в себя вводную, констатирующую и заключительную части.

Экспертное заключение в полном объёме является обязательным для организаций – авторов проекта, заказчиков и других исполнителей.

При этом решение о необходимости проведения государственной экологической экспертизы принимается экспертными подразделениями органов государственного управления в области природопользования и охраны ОПС в следующих случаях:

- при разработке принципиально новых

- типов продукции, не имеющих аналогов в стране и за рубежом;
- при разработке новых типов особо опасной продукции;
  - в порядке планового и выборочного контроля за соблюдением природоохранных норм и правил при разработке новой продукции отраслями;
  - при обращении заказчиков и разработчиков новой продукции, в том числе при рассмотрении проектов строительства предприятий по выпуску новой продукции;
  - при поставке в страну и экспорте определённых видов новой продукции;

Государственной экологической экспертизе должна предшествовать отраслевая экспертиза.

Порядок проведения экспертизы определяется Положениями и методиками, разрабатываемыми Министерством природных ресурсов или отраслевыми министерствами.

#### **6.4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРИ ПОСТАНОВКЕ ПРОДУКЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВО**

ГОСТ 15.201-00 устанавливает специальный порядок постановки новой продукции на производство, позволяющий обеспечить выполнение всех действующих требований безопасности и экологичности.

При этом в техническое задание (ТЗ) не допускается включать требования, которые противоречат требованиям законов РФ и обязательным требованиям стандартов и НТД органов надзора за безопасностью, охраной здоровья и природы.

При разработке ТЗ разработчик учитывает информацию об аналогичной продукции, содержащуюся в базах данных, имеющихся в Госстандарте России.

Согласно этому стандарту, кроме разработки ТЗ, на опытно-конструкторскую работу (ОКР) разработка и постановка продукции на производство в общем случае предусматривает:

- 1) Проведение ОКР, включающей:
  - разработку технической документации (КД и ТД);
  - изготовление опытных образцов;
  - испытание опытных образцов;
  - приёмку результатов ОКР.

- 2) Постановку на производство, включающую:
  - подготовку производства;
  - освоение производства.
- 3) Изготовление установочной серии.
- 4) Квалификационные испытания.

Для оценки и контроля качества результатов, полученных на определённых этапах ОКР, опытные образцы продукции подвергаются контрольным испытаниям по следующим категориям:

- предварительные испытания, проводимые с целью предварительной оценки соответствия опытного образца продукции требованиям ТЗ, а также определения готовности опытного образца к приёмочным испытаниям;
- приёмочные испытания, проводимые с целью оценки всех определённых ТЗ характеристик продукции, проверки и подтверждения соответствия опытного образца продукции требованиям ТЗ в условиях, максимально приближённых к условиям реальной эксплуатации продукции, а также для принятия решений о возможности промышленного производства и реализации продукции.

Результаты разработки продукции оценивает приёмочная комиссия, в состав которой входят представители:

- заказчика;
- разработчика;
- изготовителя.

В работе комиссии могут участвовать эксперты сторонних организаций, а по продукции (на которую установлены обязательные требования) органы государственного надзора или представлено заключение этих органов.

## **6.5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРИ ВВОДЕ ОБОРУДОВАНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ**

В целях исключения возможности эксплуатации оборудования, не соответствующего требованиям безопасности, производится проверка оборудования как перед его вводом в эксплуатацию, так и в процессе эксплуатации. При этом

применительно к оборудованию повышенной опасности проводятся специальные освидетельствования и испытания.

При получении нового оборудования и машин на предприятие они проводят входную экспертизу на соответствие требованиям безопасности.

Основное оборудование электроустановок перед вводом в эксплуатацию подлежит испытаниям под нагрузкой не менее 23 ч, если нет других требований завода-изготовителя. В случае выявления дефектов, необходимо их устранение и проведение повторных испытаний.

При первом пуске или в случае изменения режима работы компрессорной установки, а также при пуске после капитального ремонта или другой длительной остановки производится определение характеристик и сравнение их с характеристиками, прилагаемыми к паспорту машины и заводской инструкции.

По инструкции завода-изготовителя необходимо периодически снимать индикаторные диаграммы с компрессорных и силовых цилиндров поршневых компрессорных установок. Этот контроль проводится мастером, дежурным инженером или техником.

Вновь установленные грузоподъемные машины должны быть подвергнуты до пуска в работу полному техническому освидетельствованию.

Техническое освидетельствование грузоподъемной машины производится предприятием-владельцем и возлагается на инженерно-технического работника по надзору за грузоподъемными машинами и проводится при участии лица, ответственного за их исправное состояние.

В случае технического освидетельствования грузоподъемной машины должны быть осмотрены и проверены в работе её механизмы и электрооборудование, приборы безопасности, тормоза и аппараты управления, а также проверены освещение, сигнализация и габаритные размеры.

Кроме того, при техническом освидетельствовании грузоподъемной машины должны быть проверены состояние её металлоконструкций и сварных соединений, а также кабины, лестниц, площадок и ограждений; канатов и их крепления; состояние блоков и элементов подвески стрелы у стреловых кранов; заземление электрического крана с определением

сопротивления растеканию тока; соответствие массы противовеса и баланса у стрелового крана значениям, указанным в паспорте, а также состояние кранового пути на соответствие его требованиям безопасности.

Статистическое испытание грузоподъемных кранов производится нагрузкой, на 25% превышающей их грузоподъемность, причём имеет целью проверку прочности крана и отдельных его элементов, а у стреловых кранов – проверку их грузовой устойчивости.

Динамическое испытание грузоподъемного крана производится грузом, на 10% превышающим его грузоподъемность, и имеет целью проверку действия механизмов и их тормозов.

При этом порядок проведения статических и динамических испытаний грузоподъемных кранов изложен в соответствующих правилах по технике безопасности.

## **6.6 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ**

Отдел главного механика обязан ежегодно проводить проверку состояния всего парка станков, машин и агрегатов цеха, по результатам которых составляются планы ремонтов и модернизации. При приёмке электрооборудования из ремонта должно быть проверено выполнение всех запланированных работ, внешнее состояние оборудования, а также проводятся испытания его рабочей нагрузкой в течение 24 ч.

Грузоподъемные краны, находящиеся в работе, должны подвергаться периодическому освидетельствованию:

- частичному – не реже одного раза в 12 месяцев;
- полному – не реже одного раза в 3 года.

Эта проверка проводится за исключением редко используемых кранов, которые должны подвергаться полному техническому освидетельствованию не реже чем через каждые пять лет.

Однако, возможно внеочередное полное техническое освидетельствование грузоподъемного крана.

Важнейшим мероприятием по обеспечению экологичности оборудования и ТП при эксплуатации является составление экологического паспорта предприятия согласно требованиям ГОСТ 17.0.0.06-00. При этом экологический паспорт разрабатывают предприятия за счёт своих средств. Он утверждается руководителем предприятия, согласуется с территориальным органом Министерства природных ресурсов, где он и регистрируется.

Основой для разработки экологического паспорта являются основные показатели производства, проекты расчётов ПДВ, нормы ПДС, разрешение на природопользование, паспорта газо- и водоочистных сооружений и установок по утилизации и использованию отходов, формы государственной статистической отчётности и другие нормативные и технические документы.

При этом экологический паспорт не заменяет и не отменяет действующие формы и виды государственной отчётности.

Как правило, экологический паспорт хранят на предприятии и территориальном органе Министерства природных ресурсов. Его надлежит дополнять или корректировать при изменении технологии производства, замене оборудования и т.п. в течение месяца со дня изменений.

Все формы экологического паспорта должны быть обязательно заполнены. Допускается включать дополнительную информацию при заполнении паспорта в соответствии с требованиями территориальных органов Госкомэкологии или по согласованию с ним.

Согласно ГОСТ 17.0.0.04-90, экологический паспорт состоит из следующих частей и разделов:

- титульный лист;
- общие сведения о предприятии и его реквизиты;
- краткая природно-климатическая характеристика районов расположения предприятия;
- краткое описание технологии производства и сведения об использовании земельных ресурсов;
- характеристика сырья, используемых материальных и энергетических ресурсов;
- характеристика выбросов в атмосферу;
- характеристика водопотребления и водоотведения;
- характеристика отходов;

- сведения о рекультивации нарушенных земель;
- сведения о транспорте предприятия;
- сведения об эколого-экономической деятельности предприятия.

## ГЛАВА 7

### ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СМО В ПРОМЫШЛЕННОМ И С.-Х. ПРОИЗВОДСТВЕ

#### 7.1. ЭКОНОМИКО МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОБЪЕКТАХ АПК.

При решении различных задач промышленного и с.-х. производства как правило, необходим системный подход.

В центре методологии системного анализа находится операция количественного сравнения альтернатив. Отсюда следует, что системный подход к изучению технико-экономических задач предполагает соизмеримость различных благ и ресурсов в соответствии с их способностью удовлетворять общественные потребности, а показатель этого сравнения должен быть выражен количественно.

На рис.7.1 представлены виды системных объектов, которые тесно взаимосвязаны между собой.

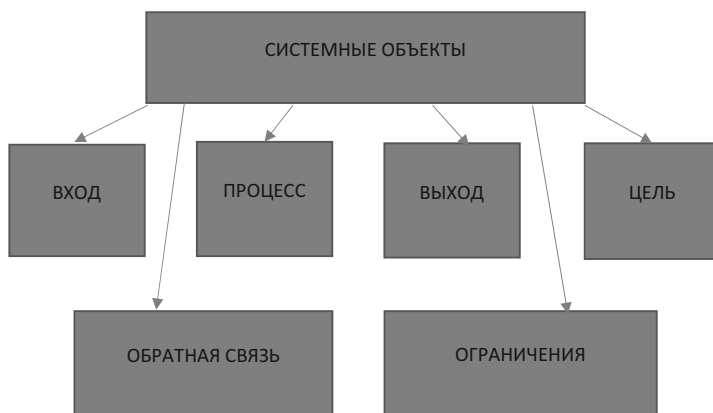


Рис.7.1. Основные виды системных объектов.

При этом выбор методов выработки плановых решений определяется уровнем развития общественного производства, степенью познания его закономерностей, а также техническими средствами, используемыми для обработки информации.

Следует отметить, что совершенствование постоянно отставало от роста общественного производства. Основная причина этого явления состоит в опережающем росте объемов информации, без успешной переработки которой невозможно эффективно управлять производством.

Интересы хозяйства требуют разработки не просто сбалансированных планов, а оптимальных, то есть наилучших из всех возможных вариантов на представленный плановый период. Этого невозможно достичь с помощью традиционного балансового метода. Поэтому наиболее обоснованными и приемлемыми становятся методы оптимального планирования, которые базируются не построении моделей и использовании экономико-математических методов в сочетании с электронно-вычислительной техникой.

Следует отметить, что применение экономико-математических методов на основе использования современных ПК и пакетов прикладных программ даёт ряд существенных преимуществ перед другими методами.

На рис.7. 2 показаны вышеуказанные преимущества.

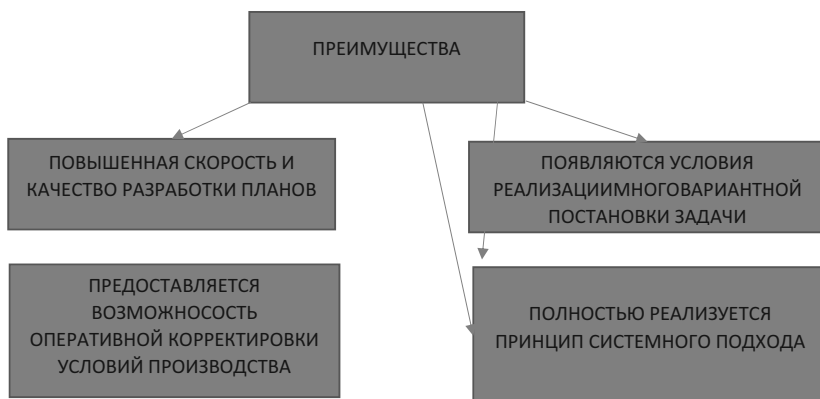


Рис. 7.2. Преимущества применения экономико-математических методов.



При этом выбор оптимального варианта определяется критерием оптимальности, являющимся показателем качества решения оптимизационной задачи. В критерии оптимальности концентрированно выражена цель функционирования любой экономической системы.

На практике в качестве критерия оптимальности применяются различные показатели:

- максимум конечной и чистой продукции;
- максимум чистого и валового дохода;
- максимум валовой и товарной продукции и. т. д.

Для функционирующих предприятий на практике часто в качестве критерия оптимальности используют максимизацию суммы прибыли.

Таким образом, математическое моделирование используется как средство изучения, экспериментирования, проверки выдвигаемых гипотез, как инструмент познания.

На практике в с. х. производстве экономико-математические модели характеризуются таким важным показателем как сети массового обслуживания (СМО). Простейший пример сети массового обслуживания представляет собой многофазная СМО.

При этом характерной особенностью СМО является то, что она состоит из нескольких СМО (узлов обслуживания), и поступающая в СМО или постоянно циркулирующая в ней заявка должна пройти обслуживание в некоторых из них, а может, во всех и даже по несколько раз. Для простоты изложения ограничимся случаем, когда все заявки, обслуживаемые в СМО, принадлежат к одному типу или являются идентичными.

Различают замкнутые и открытые СМО.

В замкнутых циркулируют одни и те же заявки, переходящие из узла в узел в соответствии с определённым вероятностным законом. Чаще всего переходы из узла в узел управляются некоторой стохастической матрицей, элементы которой не зависят от пред истории процесса, описывающего функционирование сети от момента перехода заявки. Новые заявки в замкнутых СМО не поступают, равно как находящиеся в сети заявки не покидают её:

В открытых СМО заявки поступают из вне и, пройдя определённый цикл обслуживания, покидают её. Как и в случае замкнутой СМО передвижение заявок из узла в узел управляется

матрицей вероятностей переходов, но в отличие от замкнутой сети, являющейся полустохастической.

Если распределения, описывающие времена обслуживания в сети, являются экспоненциальными, а в открытой сети, кроме того, входящие потоки пуассоновские, то такую сеть (открытую или закрытую) называют экспоненциальной СМО.

Рассмотрим некоторые типы распределений, используемых при описании СМО в соответствии с классификацией Канделла.

Эти распределения характеризуются тем, что с одной стороны, достаточно хорошо аппроксимируют параметры реальных объектов моделирования, а с другой – в большинстве случаев позволяют упростить методы исследований самих СМО

На рис.7. 3 представлены частные случаи рекуррентного потока.

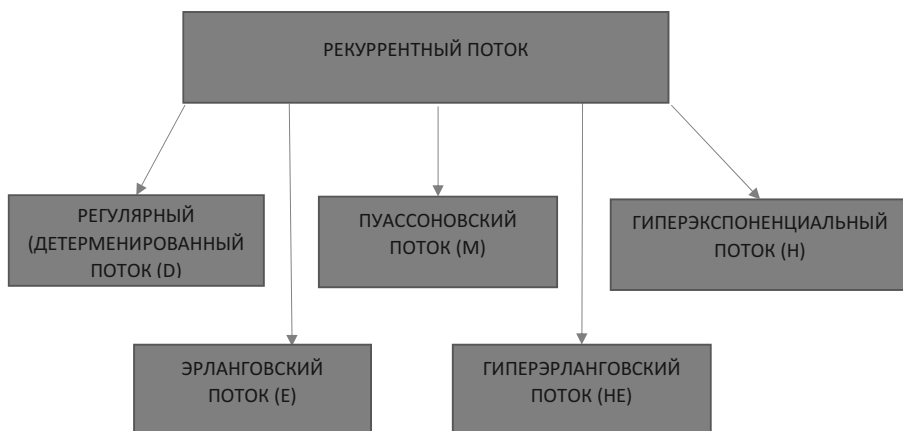


Рис. 7.3. Частные случаи рекуррентного потока.

В зависимости от условий эксплуатации и специфики исследуемой СМО, она может характеризоваться одним из вышеуказанных рекуррентных потоков.

В период развития рыночной экономики в России усложнение процессов, сопутствующих развитию науки, техники и общественной жизни привело к тому, что моделирование стало одним из основных методов исследования, а модели различных видов – главным инструментом учёных и исследователей сложных процессов промышленного и с. х. производства.

При этом для исследования различных сложных систем (животноводческих комплексов, тепличных комбинатов, транспортных систем и др.) необходимо строить разнообразные модели и системы моделей.

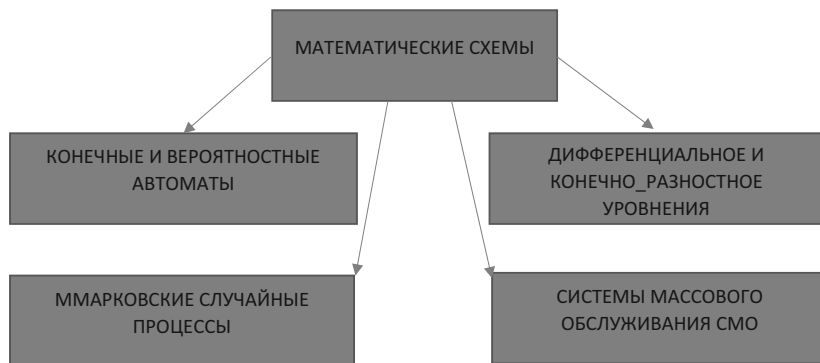


Рис. 7.4. Примеры математических схем сложных систем.

При построении моделей процессов, происходящих в сложных системах на объектах АПК, при описании их структуры, для оценки эффективности и оптимизации этих систем используются различные математические схемы (рис. 7.4).

Современные методы подготовки задач позволяют строить так называемые универсальные имитационные модели, способные настраиваться на любой объект из указанного класса.

В этом случае используется универсальная имитационная программа, составленная заранее для некоторой стандартной формы сложной системы, охватывающей широкий класс реальных объектов, а также комплекс программ преобразования входной и выходной информации с немашинных языков, привычных для исследователей, к стандартной форме, принятой при составлении программ.

При этом исследователь вводит информацию и получает результаты в привычных для себя терминах, соответствующих его математическим и содержательным представлениям, а исследования проводятся с помощью автоматизированной имитационной модели.

Подобная схема даёт существенную экономию времени разработки машинных моделей и повышает возможности исследователей пользоваться совершенным аппаратом, разработка которого под силу только крупным коллективам.

## **7.2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА**

Несмотря на разнообразие областей, в которых могут быть использована математическая статистика и теория массового обслуживания, наиболее эффективно и полно они могут быть применены в условиях промышленного и с.-х. производства.

Это обусловлено тем, что подавляющее количество явлений и процессов, происходящих в этих отраслях народного хозяйства носит вероятностный характер (природные и климатические условия, сложные взаимосвязи в эколого-экономических системах, недостаточная изученность законов распределения исходных данных для их исследования и т. д.) Поэтому использование в этом случае систем массового обслуживания (СМО), на наш взгляд, является вполне правомочным.

Рассмотрим СМО, которая характеризуется следующими исходными данными:

- система обслуживания состоит из одного исполнительного механизма (ИМ) и очереди;
- на количестве требований, находящихся в системе в один и тот же момент времени, не наложено никаких ограничений;
- очередь, упорядоченная.

При этом случайная функция  $X(t)$ , т.е. число требований, находящихся в момент  $t$ , принимает следующие значения:

- 1)  $x_0$  – в системе нет требований;
- 2)  $x_1$  – в системе одно требование;
- 3)  $x_m$  – в системе  $m$  требований; и т. д.

Тогда получим следующие вероятности перехода (табл.7. 1)

№	Наименование состояние СМО	Вероятность перехода
1	2	3

1	$x_0 \rightarrow x_0$	$1 - \lambda \Delta t$
2	$x_0 \rightarrow x_1$	$\lambda \Delta t$
3	$x_q \rightarrow x_{q-1}; q > 0$	$\mu \Delta t$
4	$x_q \rightarrow x_q; q > 0$	$1 - (\lambda + \mu) \Delta t$
5	$x_q \rightarrow x_{q+1}; q > 0$	$\lambda \Delta t$

В этом случае, система бесконечного количества уравнений для определения предельных вероятностей  $P_0 * P_1 * P_2 \dots$  будет иметь вид:

$$\begin{cases} -\lambda P_0 + \mu P_1 = 0, \\ \lambda P_{q-1} + (\lambda + \mu) P_q + \mu P_{q+1} = 0; q > 0 \end{cases} \quad (1)$$

Учитывая нормирующие условие  $\sum_{q=1}^{\infty} P_q = 1$  и что  $\varphi > 1$ , получаем следующие значения предельных вероятностей:

$$P_q = \frac{\varphi^q}{\sum_{q=0}^{\infty} \varphi^q} = \varphi^q (1 - \varphi) \quad (2)$$

Заметим при этом, что в соответствии с (1) можно вычислить основные вероятностные характеристики данной СМО:

1) Математическое ожидание (м. о.) количества требований в системе:

$$\begin{aligned} M(q) &= \sum_{q=1}^{\infty} q P_q = (1 - \varphi) \sum_{q=0}^{\infty} q \varphi^q = (1 - \varphi) \varphi (1 + 2\varphi + 3\varphi^2 + \dots) = \varphi (1 - \varphi) \\ & * (\varphi^2 + \varphi^3 + \dots) = \varphi * (1 - \varphi) * \left(\frac{1}{1 - \varphi}\right) = \varphi (1 - \varphi) \left[\frac{1}{1 - \varphi^2}\right] = \frac{\varphi}{1 - \varphi}; \end{aligned}$$

2) м. о. количества требований в накопителе:

$$\begin{aligned} M(v) &= \sum_{q=1}^{\infty} (q - 1) P_q = (1 - \varphi) \sum_{q=1}^{\infty} (q - 1) \varphi^q = (1 - \varphi) \varphi^2 (1 + 2\varphi + \\ & 3\varphi^2 + \dots) = \varphi^2 (1 - \varphi) * \left[\frac{1}{(1 - \varphi)^2}\right] = \frac{\varphi^2}{1 - \varphi}; \end{aligned}$$

3) м.о. количества требований в узле обслуживания:

$$M(j) = M(q) - M(v) = \frac{\varphi}{1 - \varphi} - \frac{\varphi^2}{1 - \varphi} = \varphi;$$

4) м.о. количества свободных ИМ:

$$M(\rho) = n - M(j) = n - \varphi.$$

Таким образом, рассмотренный алгоритм расчёта СМО является достаточно универсальным при исследовании различных систем с. - х. и промышленного производства.

Остановимся на рассмотрении показателей своевременности действия оператора в системе «человек – машина» (СЧМ).

Установлено что на выполнение определённых задач в СЧМ отводится определённый лимит времени,  $t_{л}$ , превышение которого рассматривается как ошибка.

При этом основной показатель своевременности – вероятность выполнения задачи в течение времени  $\tau < t_{л}$ , которая равна:

$$P_{св} = P\{\tau < t_{л}\} = \int_0^{t_{л}} f(\tau) dt, \quad (3)$$

где  $f(\tau)$  – функция распределения времени решения задачи оператором.

В этом случае, время  $t_{л}$  может быть как постоянной, так и случайной величиной.

Тогда в первом случае вероятность  $P_{св}$  определяется выражением:

$$P_{св} = P_{к} * P_{обн} * P_{и},$$

где:  $P_{к}$  – вероятность выдачи сигнала схемой контроля;

$P_{обн}$  – вероятность обнаружения оператором сигнала контроля;

$P_{и}$  – вероятность исправления ошибочных действий при повторном выполнении алгоритма.

Во втором – вычисление  $P_{св}$  довольно сложно. Заметим, что оно упрощается, если  $\tau$  и  $t_{л}$  подчинены нормальному распределению с параметрами  $\tau, \sigma$  и  $t_{л}, \sigma_t$ .

Введём величину  $\Delta t = t_{л} - \tau$ , Поскольку  $\tau$  и  $t_{л}$ , обычно независимы, то  $\Delta t$ , тоже распределена по нормальному закону с параметрами:

$$\Delta t = t_{л} - \tau; \sigma_{\Delta} = \sqrt{\sigma_{\tau}^2 + \sigma_t^2},$$

С учётом известных положений теории вероятностей величина  $P_{св}$  – равна:

$$P_{св} = P\{t \geq 0\} = \int_{-\infty}^{\frac{\Delta t}{\sigma_{\Delta}}} e^{-\frac{x^2}{2}}; \quad (4)$$

$$dx = 0.5 + \Phi_0 \left( \frac{\Delta t}{\sigma_{\Delta}} \right),$$

где  $\Phi_0 \left( \frac{\Delta t}{\sigma_{\Delta}} \right)$  интеграл Лапласа (его значение приводятся в литературе по теории вероятностей).

Принимаем что вероятность безошибочности решения при каждом повторении равняется  $P_{св}$ . При этом среднее значение времени исправления ошибки будет равно:

$$\tau_{и} = \sum_{k=1}^{\infty} \tau_k P_k, \quad (5)$$

где  $\tau_k$  – среднее значение времени исправления ошибки с  $k$  ой попытки;

$P_k$  – вероятность исправления ошибки с  $k$  –й попытки.

При этом отметим, что вероятность,  $P_k$  есть вероятность исправления ошибки  $k$ -ой попытки (при условии, что в предыдущих  $k-1$  попытках имела место ошибка).

Такая вероятность подчиняется геометрическому распределению:

$$P_k = P_{оп}(1 - P_{оп})^k \quad (6)$$

Подставляя (6) в (5) с учётом, что  $\tau_k = K\tau_{оп}$  и, опуская промежуточные преобразования, получим:

$$\tau_{и} = \frac{\tau_{оп}}{P_{оп}},$$

где среднее значение времени решения задачи с учётом времени исправления ошибки равно:

$$\tau_p = \tau_{оп} + \tau_{и} = \left( 1 + \frac{1}{P_{оп}} \right) = \tau_{оп} * \frac{P_{оп}+1}{P_{оп}}. \quad (7)$$

Дисперсия времени решения задачи с учётом с учётом времени исправления ошибки равна:

$$\sigma_p^2 = \sigma_{\tau}^2 \left( \frac{P_{оп}+1}{P_{оп}} \right)^2 \quad (8)$$

Предположительно можно считать, что время подчинено нормальному закону с параметрами, определяемыми выражениями (7) и (8). При этом вероятность своевременного исправления ошибки:

$$P_{н} = (t_{л}) = P\{\tau_p < t_{л}\},$$

определяется в зависимости от характера величины  $t_{л}$  либо выражением (1), либо выражением (2).

Тогда общая вероятность исправления ошибки будет:

$$P_{\text{исп}} = P_{\text{к}} * P_{\text{обн}} * P_{\text{и}}(t_{\text{л}}) \quad (9)$$

Следует отметить, что показатель надёжности оператора представляет собой дискретную случайную величину, зависящую от времени, через выбранные условия деятельности (факторы надёжности).

Существуют различные стратегии профилактического обслуживания по переработке определённого количества материала (например, на объектах АПК), календарному времени работы системы «человек - машина», действительному времени работы, техническому состоянию элементов и прогнозирующему параметру.

При этом наибольший интерес представляют проведение профилактики по прогнозирующему параметру, т.е. в тот момент, когда он достигает своей критической величины. При таком решении проведении профилактических работ удельные затраты будут минимальными, т.к. ремонты системы «человек - машина», будут проводиться только при действительной необходимости, а лишние ремонты исключаются, когда риск отказа мал.

### **7.3. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЕХНОСФЕРЕ**

В практике промышленного и с.-х. производства эколого-технические процессы носят преимущественно случайный характер.

При этом под любой системой следует понимать такую совокупность элементов, объединённых общими ресурсами, связями, функциональной средой и целью существования, которая обладает свойствами, отсутствующими у отдельных элементов. Элементами же будем считать всякое условно неделимые и самостоятельно функционирующие части системы.

Сложные системы подразделяются на 3 группы: простые, сложные и большие.

Отличительные свойства сложных и больших систем представлены на рис.7.5



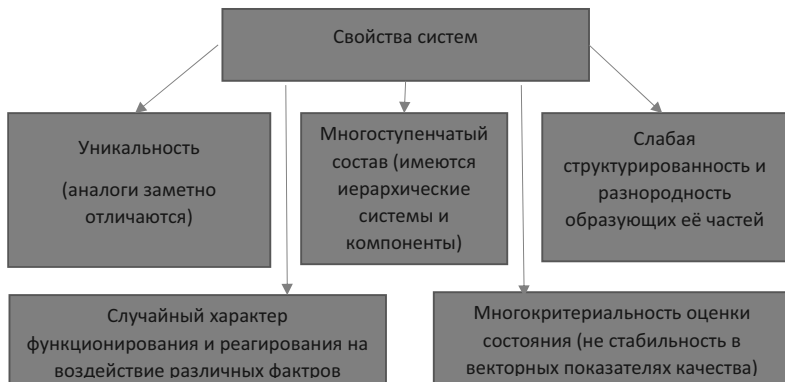


Рис. 7.5. Признаки, характеризующие свойства систем.

Это означает, что основным отличительным свойством большой системы служит размерность, не позволяющая провести её исследование без предварительной декомпозиции (расчленения на компоненты) с последующим агрегатированием (укрупнением) их элементов.

Что касается существенных признаков сложной (в смысле исследования) и, конечно же, большой системы, то к ним относятся многомерность, т. е. потребности в ансамбле существующих моделей и методов, да моно дисциплинарный характер их анализа и синтеза.

Остановимся на таком важном показателе систем при моделировании опасных процессов в техносфере как случайные функции.

Случайной функцией (СФ)  $X(t)$  называется функция, значения которой при любом значении аргумента  $t$  являются случайные величины (СВ). Если параметр  $(t_1, t_2, \dots, t_n)$  или счётного  $(t_1, t_2, \dots)$  множества, СФ  $X(t)$  называют случайной последовательностью и обозначают  $X_i, i = 1, 2, \dots$ , положив  $X(t_i) = X_i$ .

Если параметр  $t$  принимает континуум значений, (СФ)  $X(t)$  называют случайными (вероятностными, стохастическим) процессом.

Множество возможных значений СФ  $X(t)$  может быть дискретным (конечным или отчётным) или непрерывным при каждом фиксированном значении  $t$ .

Вещественная СФ задана если заданы многомерные функции распределения для любого  $n$ :

$$F_n(x_1, \dots, x_n; t_1, \dots, t_n) = P\{X(t_1) < x_1, \dots, X(t_n) < x_n\}. \quad (1)$$

СФ с непрерывным множеством значений могут быть заданы плотностью вероятности

$$f_n(x_1, \dots, x_n; t_1, \dots, t_n) = \frac{\partial^n F_n(x_1, \dots, x_n; t_1, \dots, t_n)}{\partial x_1 \dots \partial x_n} \quad (2)$$

Начальные моменты  $n$ -ого порядка ( $n=1,2,\dots$ ) СФ  $X(t)$  определяются выражением:

$$d_{k_1, \dots, k_n}^{(n)}(t_1, \dots, t_n) = M[X^{k_1}(t_1) \dots X^{k_n}(t_n)] = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} x_1^{k_1} \dots x_n^{k_n} f_n(x_1, \dots, x_n; t_1, \dots, t_n) * dx_1 \dots dx_n, \quad (3)$$

где  $k_1, \dots, k_n$  – целые неотрицательные числа, такие, что  $k_1 + \dots + k_n = n$

Математическим ожиданием (МО) СФ  $X(t)$  называется начальный момент первого порядка:

$$d_1^{(1)} = \hat{x}(t) = M[X(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} x f_T(x; t) dx. \quad (4)$$

Дисперсией СФ  $X(t)$  называют центральный момент второго порядка, зависящий от одного аргумента:

$$M_{2,0}^{(2)}(t) = D_x(t) = D[X(t)] = M[(X(X(t)) - \hat{x}(t))^2] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \hat{x}(t))^2 f_1(x; t) dx = d_{2,0}^{(2)}(t) - \hat{x}^2(t) \quad (5)$$

Среднее квадратичное отклонение (СКО) СФ  $X(t)$  находится по формуле

$$\sigma_x(t) = \sigma[X(t)] = +\sqrt{D_x(t)} \quad (6)$$

Наряду с числовыми характеристиками СФ (1),...,(6), полученными уравнениями по множеству реалей, рассматривают числовые характеристики, полученные усреднением по времени некоторой функции  $\varphi[x(t)]$  любой реализации  $x(t)$  СФ  $X(t)$ :

$$\langle \varphi[x(t)] \rangle \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T \varphi[x(t + \tau)] d\tau = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T \varphi[x(\tau)] d\tau \quad (7)$$

Знание закономерностей, которыми обладают системы объектов АПК, позволяют исследователям заранее предсказать форму их поведения при каких - либо изменениях в окружающей среде, что способствует принятию более эффективных решений для процесса регулирования будущих событий.

При этом важное место в исследовании систем на объектах АПК занимает их моделирование. Полученные при этом результаты являются основой для последующего системного анализа условий появления техногенных происшествий в с.-х. производстве и системного анализа мероприятий по их предупреждению или снижению ущерба.

Все модели и методы моделирования с определённой условностью могут быть разделены на наиболее общие классы (рис.7.6)

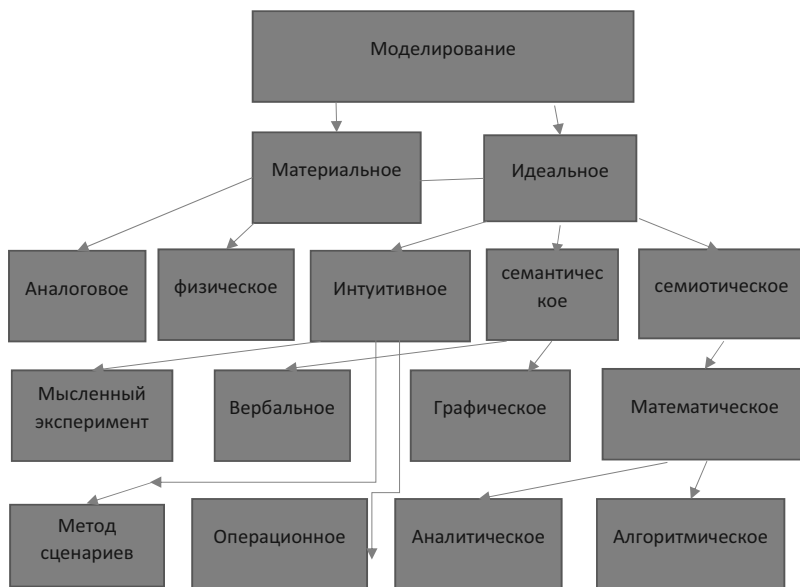


Рис 7.6. Классификация методов моделирования для систем на объектах АПК.

Примерами материальных моделей служат лабораторные установки, макеты машин, а примерами идеальных моделей – описание или представление любых явлений, процессов и предметов с помощью графических и математических символов и слов.

Остановимся на особенностях всех основных классов интересующих нас объектов (рис 7.6.)

Материальных (реальных, натуральных или предметных) моделей значительно меньше, чем идеальных. Эти модели вторичные по отношению к идеальным, т.к. процесс их создания начинается с соответствующего мысленного предвосхищения. Кроме того, материальные модели более наглядны и просты для понимания.

Методы физического (натурального, предметного) моделирования нашли широкое применение в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства.

В основу аналогового моделирования положено совпадение (преимущественно качественное) математическое описание различных предметов, процессов и явлений. Характерным примером аналоговых моделей служат механические и электрические колебания, которые подчинены одним и тем же законам, т. е. описываются одинаковыми аналитическими формулами, но относятся к качественно различным физическим процессами.

Что касается правой части рис.7.6., включающей в себя идеальные (воображаемые) модели и методы их использования, то здесь ситуация значительно сложнее как по количеству и строгости деления по классам, так и по однозначности восприятия и интерпретации конкретных моделей.

Под интуитивным обычно подразумевается моделирование, использующее необыкновенное с позиций формальности логики, представление объекта использования, которое к тому же не поддаётся формализации или не нуждается в ней. Такое моделирование осуществляется в сознании человека в форме мысленных экспериментов, сценариев и игровых ситуаций с целью его подготовки к предстоящим практическим действиям за счёт заблаговременной пред настройки к ним.

В отличие от интуитивного, семантическое (смысловое) моделирование логически обосновано с помощью некоторого числа исходных предположений. Главное его отличие заключается не только в умении выполнять и воспроизводить для других его действий, но и в знании внутренних механизмов, которые используются при этом.

В данную группу методов входит вербальное (словестное) и графическое моделирование. При этом первый тип моделей образуется с помощью слов, из которых составляются

высказывания, суждения и умозаключения относительно моделирующего объекта. А при графическом моделировании уже используются материальные носители инфекции-бумага, классная доска или монитор компьютера, на котором размещаются различные рисунки, чертежи или диаграммы причинно-следственных связей.

В отличие от смыслового, семистического (знаковое) моделирование является наиболее формализованным, т.к. использует не только общественные слова или довольно наглядные изображения, но и разного рода символы-буквы, программы, цифры.

Под математическим моделированием подразумевается идеальное знаковое формальное моделирование, при котором описание объекта –оригинала осуществляется на языке математики, и исследование модели- проводится с использованием тех или иных математических методов.

Различные типы математических моделей, используемые в системах объектов АПК, отличаются между собой прежде всего по степени определенности или неопределённости своих параметров, обусловленной недостатком или спецификой, имеющейся о них информации.

Естественно, что особое положение, соответствующее полной определённости, занимают детерминированные модели. В них каждому параметру соответствует конкретное целое, вещественное или комплексное число, либо соответствующая функция.

В стохастической модели значения всех отдельных параметров определяются случайными величинами, заданными плотностями вероятности. Именно таким моделям принадлежит приоритет в сельскохозяйственном производстве.

#### **7.4. ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, КАК ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ.**

Установлено, что имитационное моделирование, как частный случай математического моделирования широко применяется при исследовании различных объектов экономики, а также промышленного и с.-х. производства. Оно может быть использовано на компьютере в целях проектирования, анализа и

оценки функционирования исследуемой системы, процесса или явления .

Данный метод позволяет имитировать поведение системы во времени. Причём плюсом является то, что временем в модели можно управлять, т.е. замедлять – в случае с быстротекущими процессами и ускорять для – для моделирования систем с медленной изменчивостью.

В случае, если имитируемый объект, подверженный влиянию случайных факторов, говорят о стохастическом (вероятностном) моделировании на ПК.

Метод стохастического моделирования (метод Монте-Карло, метод статических испытаний) представляет собой совокупность приёмов, позволяющих с помощью ПК имитировать (воспроизводить случайные объекты с целью нахождения их статистических характеристик.

При помощи этого метода можно искусственно воспроизвести любой случайный процесс с заданными законами распределения.

В технико-экономических процессах большое распространение для описания различных характеристик получило гамма-распределение, называемое также распределением Пирсона типа III с плотностью распределения вероятностей следующего вида:

$$f(x) = \frac{\lambda^k}{\Gamma(k)} * x^{k-1} * e^{-\lambda x}, (x > 0), \quad (1)$$

где  $k, \lambda$  – любые положительные числа, причём  $k$  – целое;  $\Gamma(k)$  гамма функция Эйлера.

Для получения случайных чисел, имеющих гамма-распределение, можно воспользоваться следующим преобразованием:

$$\eta_i = -\frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^n \ln(1 - \varepsilon_j), \quad (2)$$

Где  $\varepsilon$  - случайное число с равномерным законом распределения.

Для имитации СМО воспользуемся одним из методов статистического моделирования – имитационным моделированием.

При этом будем использовать пошаговый подход. Суть этого подхода в том, что состояния системы рассматриваются в последующие моменты времени, шаг между которыми является достаточно малым, что бы за его время произошло не более одного события.

Этапы создания имитационной модели следующие:

- 1) этап описания реально существующей системы в терминах характеристик основных событий. Эти события, как правило, связаны с переходами изучаемой системы из одного возможного состояния в другое и обозначаются как точки на временной оси. Для достижения основной цели моделирования достаточно наблюдать систему в момент реализации основных событий;
- 2) этап выбора единицы времени. В зависимости от природы моделируемой системы такой единицей может быть микросекунда, час, год и т.д.;
- 3) этап достижения изучаемой системой стационарного режима функционирования. В этом случае резко уменьшается выборочная дисперсия.

Для того чтобы получить данные с меньшей ошибкой можно выполнить следующие действия:

- 1) увеличить длительность времени имитационного моделирования процесса функционирования изучаемой системы. В этом случае не только увеличивается вероятность достижения системой стационарного режима функционирования, но и возрастает число  $n$  используемых псевдослучайных чисел, что также положительно влияет на качество получаемых результатов;
- 2) при фиксированной длительности времени  $T$  имитационного моделирования провести  $N$  вычислительных экспериментов, называемых ещё прогонами модели, с различными наборами псевдослучайных чисел, каждый из которых даёт одно наблюдение. Все прогоны начинаются при одном и том же начальном состоянии моделируемой системы, но с использованием различных наборов псевдослучайных чисел. Если число  $N$  модели достаточно велико, то границы симметричного доверительного интервала для параметра  $x$  определяется следующим образом:

$$\bar{x} = \underline{x} - t_v \frac{S}{\sqrt{N}}, \quad (3)$$

$$\bar{x} = \bar{x} - t_v \frac{S}{\sqrt{N}},$$

- где  $x$  - математическое ожидание (среднее значение) находится по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k, \quad (4)$$

где  $S$  исправленная дисперсия.

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (x_k - \bar{x})^2, \quad (5)$$

где N число прогонов программы;

$v$  – надёжность;

$t_v = t(v, N)$ .

При исследовании различных технико-экономических объектов было установлено, что в их основе лежит многофункциональная СМО, т.е. система в которой поступившее требование может быть обслужено одним из нескольких каналов, входящих в блок обслуживания.

Задавшись целью провести поиск на патентную чистоту новых разработок, были выявлены аналоги разрабатываемой СМО (табл. 7.2.)

Таблица 7.2.

№ документа	Дата публикации	Авторы	Название
1	2	3	4
SU1649563A1	1991.05.15	Козлов А.Л.	Устройство для моделирования двухканальной СМО
RU21855706C1	2002.07.20	Гурева А.Ю.	Многоканальный ретранслятор
SU404092A1	1973.10.26	Баканович Э.А.	Стохастическая модель двухканальной СМО
SU1603397A1	1990.10.30	Козлов А.Л.	Устройство для моделирования СМО
SU983712A1	1982.12.23	Карбашов Ю.М.	Устройство для контроля хода программ
SU1064285A1	1983.12.30	Кузьменко В.Л	Устройство для моделирования нейронных ансамблей
SU1732490A1	1992.05.07	Коробцев Н.П.	Телефонный блокиратор.
RU2465647C1	2012.10.27	Парамонов Н.П (RU)	Устройство для моделирования СМО
SU1119024A1	1984.10.15	Баранов А.И.	Устройство для моделирования сетевых графиков
SU511583A1	1976.04.25	Ковалёв В.Н.	Устройство для



			опроса абонентов
RU2510953C2	2014.04.10	ФУРУТА Cure (jp)	Сдвиговый регистр. Схема управления дисплеем.
SU1432543A1	1988.10.23	Загурский В.Я.	Устройство передачи данных с звездообразной топологией
SU1061056A1	1983.12.15	Беззубцев В.В.	Цифровой измерительный многоточечный мост.
RU2488895C1	2013.07.27	ОКАВА хирокски (jp)	Сдвиговый регистр схема управления дисплеем, панель отображения и устройство отображения.
SU1406597A1	1988.06.30	Карабецкий М.Д.	Устройство для опроса источников дискретных сообщений.
SU1388885A1	1988.04.15	Козлов А.Л.	Устройство для моделирования СМО
RU2112272C1	1988.05.27	Зотов И.В.	Модуль микроконтроллерной сети
SU1115057A1	1984.09.23	Адерихин И.В.	Устройство для контроля проводных каналов связи.

В практических расчётах часто для сокращения объёма вычислений приходится заменять математическое ожидание (МО) функцией от МО: Такие упрощения неизбежны, особенно в сложных многошаговых моделях. Однако применять их надо осторожно, представляя последствия, к которым это может привести.

Во всех случаях надо стремиться сначала найти точные зависимости и осреднения проводить на конечных, а не на начальных этапах решения задачи. Всякие осреднения надо соразмерять с требуемой точностью результата расчёта.

При этом, как правило, точность применяемых приближений в общем виде оценить практически невозможно. Тем большую важность приобретают проверки на отдельных частных случаях.

## **7.5. МОДЕЛИРОВАНИЕ СМО ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭНЕРГОИНФОРМАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ.**

Установлено, что главным отличием моделирования от других методов изучения систем является возможность оптимизации системы до её реализации в условиях производства.

При этом всё многообразие промышленных, сельскохозяйственных и экономических моделей делят на аналитические и имитационные.

Аналитические модели представляют собой уравнения или системы уравнений, записанные в виде алгебраических, интегральных или дифференциальных соотношений. Как правило, они применяются для описания фундаментальных свойств объектов, т.к. их основа проста по своей сути, а сложные объекты довольно трудно описываемы аналитически.

Следует отметить, что расчёт и анализ характеристик СМО является одним из основных видов исследования, причём как в области аналитического, так и имитационного моделирования.

Перед моделированием СМО при обслуживании объектов энергетики, как правило, ставятся следующие задачи:

- 1) Исследовать модель, используя аналитический метод;
- 2) Осуществить анализ получения результатов;
- 3) Описать алгоритм имитационного моделирования

В этой связи, для решения вышеуказанных задач используются следующие входные данные:

- 1) Количество каналов обслуживания;
- 2) Максимальная дисциплина очереди;
- 3) Интенсивность потока заявок;
- 4) Интенсивность потока обслуживания;

На рис. 7.7. представлены показатели эффективности СМО, которые предстоит вычислить



Рис. 7.7. Основные показатели эффективности, подлежащие вычислению.

Исходные данные при постановке задачи исследования СМО следующие:

- СМО представлена в виде системы с отказами и числом каналов обслуживания  $n$ ;
- Максимальная длина очереди  $m$ ;
- Интенсивность потока заявок на обслуживание  $\lambda$ ;
- Интенсивность потока обслуживания  $\mu$ .

Требуется составить аналитическую модель и рассчитать вышеуказанные показатели эффективности.

При аналитическом моделировании будем использовать уравнение Колмогорова для вычисления вероятностей:

$$\begin{cases} \frac{dP_1}{dt} = \lambda_{21}P_2 - (\lambda_{12} + \lambda_{13})P_1 \\ \frac{dP_2}{dt} = \lambda_{12}P_1 + \lambda_{22}P_3 - (\lambda_{21} + \lambda_{24})P_2 \\ \frac{dP_3}{dt} = \lambda_{13}P_1 + \lambda_{43}P_4 + \lambda_{32}P_3 \end{cases} \quad (1)$$

Вычисление финальных вероятностей:

$$\begin{cases} S_0 : \lambda_{10}P_1 - \lambda_{01}P_0 = 0; \\ S_1 : \lambda_{21}P_2 - \lambda_{12}P_1 = 0; \\ S_k : \lambda_{k+1,k}P_{k+1} - \lambda_{k,k+1}P_k = 0; \\ \quad k = 0, \dots, n-1; \\ P_0 + P_1 + \dots + P_n = 1 \end{cases} \quad (2)$$

Метод Эйлера:

$$\frac{dP_i}{dt} = f(P_0, P_1, \dots, P_n); i = 0, 1, \dots, n \quad (3)$$

При этом показатели вычисляются следующими формулами:

- Вероятность отказа

$$P_{\text{отк}} = P_n = \frac{p^n}{n!} * P_0; p = \frac{\lambda}{\mu} \quad (4)$$

– Относительная пропускная способность

$$q = 1 - p_{\text{отк}} = 1 - \frac{P_n}{n!} * P_0 \quad (5)$$

– Абсолютная пропускная способность

$$A = \lambda * q = \lambda * (1 - P_{\text{отк}}) \quad (6)$$

– Среднее число занятых каналов.

$$k_3 = \sum_{k=1}^n k * P_k = P * (1 - P_{\text{отк}}) \quad (7)$$

– Среднее время простоя СМО

$$T_0 = P_{\text{отк}} * t_{\text{обс}}; t_{\text{обс}} = \frac{1}{\mu} \quad (8)$$

– Среднее число обслуживания заявок.

$$L_0 = p * q. \quad (9)$$

Классификация математических моделей, используемых при обслуживании энергоинформационных комплексов, представлена на рис.7.8.



Рис. 7.8. Формальная классификация моделей.

Остановимся на оптимизационных экономико-математических моделях, позволяющих найти оптимальные с экономической точки зрения параметры исследуемого объекта или процесса.

В нашем случае, наибольший интерес для исследователей представляет стохастическое имитационное моделирование.

Имитационное моделирование — это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью, описывающей реальную систему, и с ней проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе.

При этом имитационное моделирование используют в следующих случаях:

- 1) дорого или невозможно экспериментировать на реальном объекте;
- 2) невозможно построить аналитическую модель;
- 3) в системе есть время, причинные связи, последствие, нелинейности, стохастические (случайные) переменные;
- 4) необходимо симитировать поведение системы во времени.

Цель имитационного моделирования состоит в воспроизведении поведения исследуемой системы, на основе результатов анализа наиболее существенных взаимосвязей между её элементами.

Другими словами, его целью является разработка симулятора исследуемой предметной области для проведения различных экспериментов.

Имитационное моделирование позволяет учесть максимально возможное число факторов, внешней среды для поддержания принятия управленческих решений и является наиболее мощным средством анализа инвестиционных рисков.

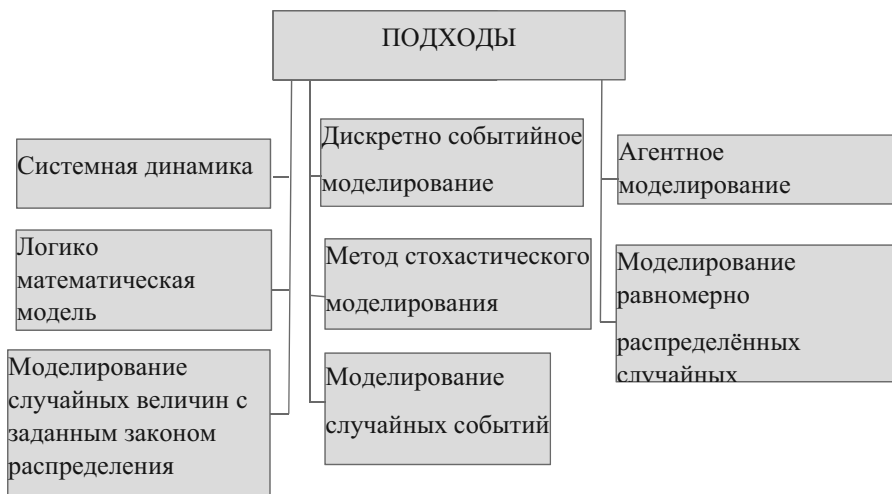


Рис. 7.9. Основные разновидности подходов имитационного моделирования

Кроме того, многие задачи экономики и бизнеса содержат случайные величины, поведение которых не поддаётся управлению

со стороны лиц, принимающих решения. Такие модели называются стохастическими.

На рис.7.9. даны разновидности подходов в имитационном моделировании.

Следует отметить, что анализ сложившейся практики моделирования показывает некоторую типичность этапов моделирования, которые можно представить в следующей последовательности:

- 1) сбор и анализ информации;
- 2) формирование цели и критериев;
- 3) выбор средств моделирования;
- 4) конструирование модели;
- 5) достижение целей (получение результатов) моделирования;
- 6) проверка модели на адекватность

На первом этапе моделирования выполняется сбор и анализ информации об исследуемом объекте или процессе.

Чтобы можно было работать с моделью, она должна быть доступной для математического изучения. Это обеспечивается на втором этапе моделирования подбором соответствующих факторов, правильной формулировкой целей, тщательным выбором критериев.

Исходным моментом построения модели (этап 3) является выбор средств моделирования, т. е. Математического аппарата, формирующего условный образ объекта или процесса.

На четвёртом этапе выполняется собственно конструирование модели.

На пятом этапе, в соответствии с целью моделирования определяются оптимальные параметры объекта (процесса) или на модели исследуются объект (процесс) при различных исходных параметрах, т.е. получают результаты, ради которых и составлялась математическая модель.

## 7.6. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И С.Х. ПРОИЗВОДСТВЕ.

Системы массового обслуживания (СМО) находят самое широкое применение в самых разных отраслях народного хозяйства РФ. Это объясняется в первую очередь большим разнообразием СМО позволяющим использовать их в различных условиях испытаний как в промышленности, так и в сельском хозяйстве.

На рис. 7.10. представлены варианты классификации моделей СМО, которые наиболее часто используются в различных отраслях народного хозяйства.



Рис. 7.10. Классификация моделей СМО.

Остановимся на характеристических преобразованиях случайной величины и на случайных процессах, наиболее часто используемых в ТМО. При этом пояснения даются только для тех результатов, которые непосредственно будут использованы при выводе и решении уравнений, описывающих поведение СМО, и

служат для более полного уяснения физической картины происходящего.

К характеристическим преобразованиям случайной величины относятся:

- характеристическая функция (ХФ);
- преобразования Лапласа-Стилтьеса (ПЛС);
- производная функция (ПФ).

Характеристические преобразования однозначно определяют функцию распределения (ФР) случайной величины. При этом ХФ имеет любая случайная величина, ПЛС – неотрицательная, ПФ – неотрицательная целочисленная.

Поскольку в ТМО имеют дело, в основном, с неотрицательными целочисленными случайными величинами, то и используют, как правило, ПЛС, и ПФ.

На практике часто используется преобразование Лапласа (ПЛ), которое хотя и не относится к характеристическим преобразованиям случайной величины, но имеет те же основные свойства и применяется при исследовании нестационарных характеристик функционирования СМО.

Следует отметить, что характеристические преобразования относятся как к случайным величинам, так и к ФР. Поэтому уместно использовать название «характеристические преобразования» (ХФ, ПЛС, ПФ) функции распределения».

При этом характеристические преобразования позволяют во многих случаях представить решения сложных уравнений для искомых характеристик СМО в простой форме.

На рис.7.11. представлены основные характеристические преобразования, которые наиболее часто используются в СМО.



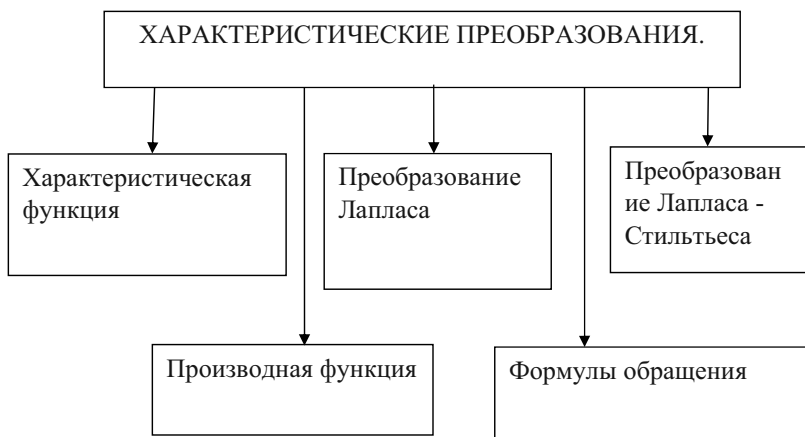


Рис 7.11. Основные виды характеристических преобразований.

В последнее время высокими темпами ведутся исследования различных СМО, которые позволяют решать вероятностные задачи в промышленности и сельском хозяйстве.

Работа любой СМО состоит в обслуживании поступающих в неё потока требований.

При этом СМО считается заданной, если определены:

- 1) Входящий поток требований, т.е. момент поступления требований в систему;
- 2) Система обслуживания, состоящая из накопителя и узла обслуживания;
- 3) Время обслуживания требования каждым объектом обслуживания (ОО);
- 4) Дисциплина ожидания, т.е. совокупность правил, регламентирующих количество требований находящихся в один и тот же момент времени в системе;
- 5) Дисциплина очереди, т.е. совокупность правил, в соответствии с которыми требование отдаёт предпочтение той или иной очереди и располагается в выбранной очереди;
- 6) Дисциплина обслуживания, т.е. совокупность правил, в соответствии с которыми оно будет обслужено.

Для исследования СМО введём следующие обозначения:  
 $q$  - число требований в системе обслуживания (в накопителе и в узле обслуживания);  
 $v$  - число требований в накопителе;  
 $j$  - число требований в узле обслуживания;  
 $s$  - число ОО;  
 $p$  - число принятых ОО

Заметим при этом, что  $q = v + j$ ;  $s = j + p$

На практике обычно моменты поступления требований в систему случайны. В этом случае поток требований является случайным. В большинстве случаев случайна и длительность обслуживания.

Пусть  $\lambda$  - математическое ожидание числа требований, поступающих в систему обслуживания за единицу времени (плотность потока требований);

$\mu_s$  - математическое ожидание числа требований, обслуженных  $s$  объектами обслуживания (ОО) за единицу времени, при условии, что все ОО заняты непрерывно.

При этом отношение  $\varphi = \lambda / \mu_s$  называют коэффициентом загрузки системы. Как правило, рассматриваются только такие системы, в которых  $\varphi < 1$ . В противном случае при длительном функционировании СМО накопитель заполнится до отказа и разряжения очереди не происходит.

Для систем, проработавших достаточно длительное время, наибольший интерес представляют следующие вероятностные характеристики:

-  $P_q$ -вероятность того, что в системе обслуживания  $q$  – требований ( $0 \leq q \leq q_{max}$ , где  $q_{max}$ - максимально возможное количество требований в СМО);

- математическое ожидание числа требований в системе обслуживания:

$$M(q) = \sum_{q=1}^{q_{max}} q * p_q; \quad (1)$$

- математическое ожидание числа требований в накопителе.

$$M(v) = \sum_{q=s}^{q_{max}} (q - s)p_q \quad (2)$$

- математическое ожидание числа требований в узле обслуживания:

$$M(j) = \sum_{q=0}^s qp_q + \sum_{q=s+1}^{q_{max}} Sp_q \quad (3)$$

- Математическое ожидание числа свободных ОО:

$$M(p) = \sum_{q=0}^s (s - q)p_q \quad (4)$$

При этом очевидно, что:

$$M(q) = M(v) + M(j) \quad (5)$$

$$s = M(j) + M(p) \quad (6)$$

Тогда математическое ожидание времени ожидания в накопителе требований обслуживания:

$$\omega = M(v) / \lambda \quad (7)$$

- математическое ожидание времени пребывания требований в системе.

$$u = M(q) / \lambda. \quad (8)$$

Для нахождения полной стоимости  $C$  единицы времени ожидания обслуживания требованиями в накопителе и простоя приборов:

$$C = C_1 M(v) + C_2 M(p) = C_1 \sum_{q=S}^{q_{max}} (q - s) p_q + C_2 \sum_{q=0}^S (s - q) p_q, \quad \text{где} \quad (9)$$

$C_1$  стоимость единицы времени ожидания одного требования;

$C_2$  – стоимость единицы времени простоя одного ОО.

Следует отметить, что вычисление вероятностей  $p_q$ , т.е. математическое ожидание процесса функционирования СМО, строится на базе теории случайных функций.

Этот математический аппарат, применяемый в сочетании с моделями СМО позволяет исследовать вероятностные процессы в автоматизированных системах промышленного и с. х. производства. Кроме того, этот подход широко используется во всякого рода социально экономических СМО.

Таким образом, теория массового обслуживания (ТМО) занимается исследованием показателей производительности СМО, предназначенных для обработки поступающих в них заявок на обслуживание. При этом существенную роль играют случайные функции в процессе поступления и обслуживания заявок.

## **ГЛАВА 8. ДУАЛЬНЫЕ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ДАННЫХ**

### **8.1. КОНЦЕПЦИЯ ДУАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНО- РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

В настоящее время трудно себе представить, что еще сравнительно недавно, чуть более ста лет назад, появились первые электрораспределительные сети, заработали станции телефонной связи. Зародились две новые отрасли экономики, существенно изменившие устоявшийся уклад жизни и создавшие условия для очередной промышленной революции. Повышение скорости обмена информацией, энерговооруженности производств и сегодня являются базой для инновационного развития территорий.

Традиционно, несмотря на общность физических принципов, очевидную взаимозависимость параметров надежности сетевых услуг, такие отрасли как электроэнергетика и электросвязь позиционируются как обособленные территориально-распределенные сети, которые координируются соответствующими министерствами и развиваются по собственным «дорожным картам». Однако взаимное проникновение технологий демонстрирует настоятельную необходимость комплексного учета параметров надежности и качества поставляемых потребителю услуг. Так в последнее десятилетие очевидной потребностью современных электрораспределительных сетей становится развертывание наложенных сетей диспетчеризации и учета потребления электроэнергии, позволяющих дистанционно снимать текущие показания с приборов учета и контролировать параметры качества электроэнергии на местах. С другой стороны, в локальных информационных сетях широкое применение приобрела технология электроснабжения поверх линии передачи данных (например, Power over Ethernet, PoE), позволяющая обеспечить электропитание удаленного промежуточного и окончного оборудования линии связи.

Ответом на потребности рынка становятся разработки новых технологий, позволяющих интегрировать в одной кабельной системе сети высокоскоростной передачи данных и электрораспределения. Формируется новая парадигма дуальных территориально-распределенных кабельных коммуникаций, позволяющая поднять на новый уровень интегрированные

показатели надежности и качества поставляемых услуг. Становится актуальной разработка методов проектирования дуальных энергоинформационных систем, отличающихся комплексным учетом показателей качества интегрированной сети и позволяющей повысить эффективность и качество услуг электроснабжения и связи в целом.

## **8.2 ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ДУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

Типичный подход, применяемый при прокладке коммуникаций в офисных и жилых помещениях, предполагает установку в одном настенном блоке как розеток электропитания, так и информационных розеток. Однако раздельное проектирование параллельных линий распределительных систем не позволяет реализовать потенциал межсетевое взаимодействия. Рассмотрим признаки интегрированной сети, предполагающий мониторинг и взаимный интеллектуальный учет основных характеристик при поставке услуг пользователю:

- единая кабельная система электроснабжения и связи;
- единый подход к проектированию;
- взаимосвязанные показатели качества;
- автоматизация управления текущими показателями качества;
- интеллектуализация развития сетевой инфраструктуры в соответствии с меняющимися потребностями пользователей;
- интеграция множества потребителей и источников ресурсов;
- оптимизация сетевых издержек и стоимости базовых услуг.

## **8.3. ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПОСТРОЕНИЯ ДУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

Основой для интеграции услуг энергоснабжения и связи должна стать единая кабельная система (Рис.8.1), унифицирующая методы проектирования дуальной сети, используемые технологии мониторинга и управления параметрами качества услуг и существенно снижающая как стоимость создания новых кабельных сегментов, так и стоимость текущей эксплуатации сети в целом.

Объединение кабельных систем возможно, например, с использованием зарегистрированного в 2012 году российского патента № 114236 «Интегрированная система передачи электрической энергии и данных на основе оптоволоконного кабеля связи». Используемая технология однопроводной передачи электроэнергии предполагает применение в системе стандартного дешевого оптоволоконного кабеля со встроенным металлическим тросом для развертывания наружных территориально-распределенных сегментов сети.



Рис. 8.1 Обобщенная структурная схема межсетевого взаимодействия

Унификация среды передачи электроэнергии и данных с одной стороны снижает стоимость наиболее ресурсоемкой и дорогой части сетевой инфраструктуры – собственно кабельной системы. С другой стороны, в такой сети предполагается наличие дополнительных устройств-преобразователей высокочастотного сигнала для питания обычных электроприборов в каждой точке подключения, что несколько увеличивает общую стоимость системы. Однако эти устройства могут снабжаться дополнительными микроконтроллерами, позволяющими обеспечить как сбор необходимых мгновенных значений показателей качества услуг интегрированной сети, так и управление подключенными к сети приборами.

В работах в рамках статистического анализа мгновенных значений контролируемых параметров выявлены закономерности по потреблению услуг в публичных сетях передачи данных и электрораспределения, а также показаны возможности по прогнозированию развития аномальных событий, таких как сетевые атаки в информационных сетях или изменение внутренних параметров трансформаторов при перегрузках в электроснабжении.

Взаимозависимость показателей качества поставляемой электроэнергии, надежности и скорости работы информационных систем требует динамического управления рядом показателей дуальной сети, построенного на основе математической модели интегральной характеристики качества и разработанных методов оптимизации.

Система динамического управления параметрами качества дуальной сети опирается на широко используемые на практике показатели надежности и качества услуг обособленных сетей электрораспределения и передачи данных.

#### **8.4 ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ДУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

Само понятие «качество электроснабжения» появилось сравнительно недавно и подразумевает интегральную характеристику, включающую показатели надежности электроснабжения, качества электрической энергии и энергоэффективности. Однако в настоящее время методики анализа качества электроснабжения не стандартизованы и крупные потребители самостоятельно выбирают контролируемые параметры (и, соответственно, уровень качества электроснабжения), которые не должны противоречить требованиям нормативно-технических документов [1]. Однако качество электроэнергии определяется целым рядом показателей, проконтролировать и задокументировать отклонения которых возможно лишь в случае непрерывного мониторинга, а также организацией доступа конечных потребителей к формирующимся базам данных. Население же не в состоянии защитить свои права на основе имеющегося законодательства и ущерб, возникающий в результате несоответствия ряда показателей качества электроэнергии («сгорел» компьютер), повсеместно списывается на дефекты приобретаемой бытовой техники или «волю случая». Ввиду

отсутствия мониторинга событий отсутствует и объективная статистика возникающих потерь. Ущерб же предприятий и населения может быть связан со следующими факторами:

1. Ущерб от перерывов электроснабжения (останов производства в промышленности, порча сырья и оборудования, снижение качества жизни населения);
2. Ущерб от ускоренного износа оборудования при использовании электроэнергии низкого качества;
3. Ущерб от сбоев цифрового оборудования и информационных систем при работе в одной сети с электроприемниками, не обеспечивающими необходимый уровень электромагнитной совместимости;
4. Ущерб от завышенных тарифов, покрывающих потери при передаче и распределении электроэнергии (мощность потерь зависит, в том числе, от режимов работы оборудования потребителей при отсутствии возможности централизованного управления ими).

Надежность поставки электроэнергии является ключевой задачей электросбытовой компании, поскольку перебои в электроснабжении регистрируются без использования специального оборудования, а последствия велики – срывы производственного цикла предприятий или, например, порча продуктов в сотнях домашних холодильниках. К показателям надежности электроснабжения конкретного объекта относят следующие показатели:

- $N_{\text{мст}}$  – Число независимых источников электроэнергии;
- $N_{\text{пл}}$  – Число питающих линий;
- $K_{\text{ог}}$  – Коэффициент оперативной готовности КОГ (вероятность поставки электроэнергии в полном объеме в год, варьируется в зависимости от категории объекта от 0,99671 до 0,99999);
- $T_{\text{пр}}$  – Время простоя ВП (число часов без электроснабжения в год по причине проведения ремонтных работ, варьируется в зависимости от категории объекта от 28,8 ч./год, до 5,25 мин./год для потребителей особой группы).

В отличие от показателей надежности электроснабжения, ряд показателей качества электрической энергии невозможно оценить



без применения специализированного оборудования, хотя несоответствие показателей нормативным значениям может нанести не менее значимый ущерб владельцам техники и оборудования. Контроль качества электроэнергии (ПКЭ) осуществляется по 11 показателям. Отклонения нормируемых показателей ПКЭ не должно превышать 95 % времени работы сети.

1.  $\delta U_y$  - Установившееся отклонение напряжения – разность действующего значения от номинального, сохраняющегося более 30 сек; (выражается в вольтах или % от номинала, не более 5% в сетях освещения и не более 10 % в остальных);
2.  $\delta U_t$  - Размах изменения напряжения (разность амплитуд предыдущего и текущего периодов);
3.  $P_t$  - Доза фликера (расчитывается на основе величины размаха, частоты повторений размаха и формы изменения размаха, показатель до 1,38) – вредное воздействие на органы зрения;
4.  $K_U$  - Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения (отношение корня из суммы квадратов дейст. значений высших гармоник к дейст. значению первой гармоники), существенно влияет на электромагнитную совместимость приборов в одной сети;
5.  $K_U(n)$ - Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения;
6.  $K_{2U}$  - Коэффициент несимметрии по обратной последовательности трехфазной сети (предельно допустимый уровень 4%);
7.  $K_{0U}$  - Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности;
8.  $\Delta f$  - Отклонения частоты тока 50 Гц (не более 0,2%);
9.  $t_p$  - Длительность провала напряжения (внезапное понижение напряжения ниже 10% с восстановлением в течении от 10 мс до 30 с);
10. Уимп - Импульсное напряжение – резкое изменение напряжения в течении нескольких микросекунд;
11.  $K_{пер U}$  - Коэффициент временного перенапряжения (отношение максимальной амплитуды к номинальной).

Мониторинг показателей качества электроэнергии с использованием сетей телематического съема данных является необходимым инструментом защиты прав потребителей. Однако

произошедший за последние десятилетия бум строительства интернет-провайдером многочисленных сетей передачи данных, топологически повторяющих ранее проложенные электрораспределительные сети, никак не содействует задаче организации мониторинга параметров качества услуг электроснабжения.

В отличие от сетей электроснабжения, обобщенные показатели качества связи унифицированы и доступны для мониторинга большинством пользователей. Сама возможность пользователя сети передачи данных документального подтверждения заявленных провайдером параметров качества услуги является существенным отличием от потребителя в сети электрораспределения, не владеющего подобными инструментами и не способного защищать свои права на приобретение качественного товара.

В телекоммуникационных сетях с пакетной коммутацией используются следующие основные параметры качества предоставляемого сервиса, в том числе, и для трансляции времязависимого трафика:

1.  $C_p$  – предложенная нагрузка (поток данных, поступающий от пользователя на вход сети), МБайт/с;
2.  $S_i$  – скорость передачи данных (фактическое количество данных, проходящих через сеть), Мбит/с;
3.  $C_i$  – пропускная способность линии связи (максимально возможная скорость передачи, ограниченная характеристиками самой линии связи и выбранным способом представления информации), Мбит/с;
4.  $d_i$  – задержка  $i$ -го пакета (время между появлением первого бита информации на выходе устройства одного пользователя до появления этого бита на входе устройства адресата), с.
5.  $D$  – среднее значение задержки передачи, с.;
6.  $C_m$  – мгновенная скорость передачи (фактическое количество данных, проходящее через сеть на коротком временном интервале), Мбит/миллисек.;
7.  $J$  – стандартное отклонение времени задержки от среднего значения;
8.  $k_v$  – коэффициент вариации задержки (отношение стандартного отклонения к среднему);
9.  $RTT$  – время реакции сети (время реакции сети (время оборота пакета) с.;

Показатели надежности сетей передачи данных с коммутацией пакетов являются интегральными характеристиками, определяющими доступность услуг в режиме 24/7 для конкретного пользователя:

- $N_{узн}$  – общее количество активных узлов в сети передачи данных;
- $N_m$  – число независимых маршрутов доставки пакета;
- $L$  - доля потерянных и искаженных пакетов (отношение потерянных к общему количеству переданных пакетов);
- $A$  – доступность (доля времени сети в работоспособном состоянии), эталон качества в телефонной сети:  $A=0,99999$  (менее 5 минут простоя в год).

## 8.5. МОДЕЛИ ПОСТРОЕНИЯ ДУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Не трудно заметить, что основой повышения показателей надежности как в сетях электроснабжения, так и в сетях электросвязи является избыточность используемого активного оборудования и коммуникаций, что в случае эксплуатации дуальной сети становится условием надежности каждой из сетевых составляющих (Рис.8. 2).



Рис 8.2 Показатели надежности независимых сетей электроснабжения и связи

## 8.6. МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Рассмотрим методы управления значимыми параметрами в случае интеграции электrorаспределительных и телекоммуникационных сетей.

Несмотря на то, что в настоящее время сети электроснабжения и связи существуют как два независимых комплекса линий передач, относящиеся к разным отраслям народного хозяйства, прослеживается жесткая взаимозависимость показателей качества и надежности работы одной инфраструктуры от показателей качества и надежности другой. Обеспечение нормированных показателей в сети электроснабжения невозможно без мониторинга и управления сетевым оборудованием посредством информационных коммуникаций. Очевидно, что и показатели надежности работы оконечного и промежуточного оборудования сети передачи данных напрямую зависят от значений коэффициента оперативной готовности и ряда показателей качества в сети электроснабжения.

Можно привести множество примеров влияния конкретных параметров в одной сети на работоспособность другой. Например, повышенный коэффициент несинусоидальности в сети электроснабжения может приводить к сбоям в работе коммутационного оборудования в результате проникновения высокочастотной помехи через блоки питания во внутренние цепи коммутаторов. Кабельная система сетей передачи данных в производственных и жилых помещениях в большинстве случаев выполняется медным кабелем «витая пара» и восприимчива к высокочастотным помехам. Те же самые гармоники в сети электроснабжения генерируют помехи в эфир и могут существенно увеличить количество искаженных информационных пакетов, особенно в случае прокладки кабелей слаботочных сетей и электропитания в едином кабель-канале. К сбоям в работе приемопередающего оборудования могут приводить и периодические изменения напряжения электропитания, провалы напряжения, отклонения частоты тока и др.

В то же время, параметры качества электроэнергии в распределительных сетях зависят не только от усилий электроснабжающей компании, но и от потребителей, использующих неисправное или несертифицированное элетрооборудование. Вносимые одними пользователями искажения

синусоидальности напряжения в линии могут стать причиной сбоев в эксплуатации оборудования других пользователей. Решение этой проблемы возможно лишь путем внедрения интеллектуальной системы мониторинга и управления параметрами качества в электrorаспределительной сети. Организация системы мониторинга и управления на базе существующих публичных сетей передачи данных является альтернативой дорогостоящей прокладке специализированных сетей диспетчеризации электросетей. Однако в случае использования сети передачи данных для управления параметрами качества электроэнергии, существенным параметром сети связи становятся вариации задержки передачи управляющих пакетов. Завышенное значение времени реакции сети так же может существенно снизить эффективность управления в сети электроснабжения (Рис8.3).

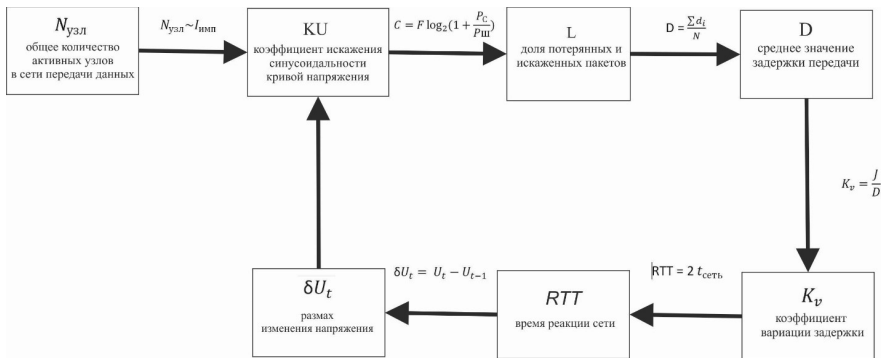


Рис.8.3 Взаимозависимость параметров дуальных сетей электроснабжения и передачи данных

## 8.7. АПРОБАЦИЯ ИСПОЗУЕМЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Интеграция кабельных систем электроснабжения и связи с внедрением цифровых технологий управления трансформаторными подстанциями, подключением оборудования к централизованной системе диспетчеризации, подразумевает передачу команд управления в режиме on-line. Другими словами, время реакции телекоммуникационной сети, включая задержку передачи пакета с

измеряемой величиной, время обработки этих данных на центральном сервере системы с формированием управляющей команды и задержку передачи этой команды на управляемое оборудование должно быть соразмерно с быстро протекающими процессами в сети электроснабжения, например, изменением размаха напряжения (разницей амплитуд соседних периодов синусоиды напряжения с частотой 50 Гц). При этом телекоммуникационная сеть должна продолжать выполнять собственные задачи по передаче значительных объемов пользовательского трафика, связанного с обеспечением доступа в Интернет, трансляций видеопотоков телевидения, работу IP-телефонии и множества других современных сервисов. Причем время реакции сети для конкретного пользователя не должно снижаться в результате реализации дополнительных сетевых функций по диспетчеризации параметров качества электроснабжительной сети. Управление параметрами взаимозависимых сетей должна обеспечивать безусловное улучшение параметров качества работы каждой сети в отдельности, а так же всей интегрированной системы в целом.

С целью отладки методов и алгоритмов управления взаимозависимыми параметрами интегрированных сетей электроснабжения и связи, в 2017 году на территории университета «Дубна» был реализован первый инновационный проект, предполагающий использование технологий совмещенной высокоскоростной передачи данных с электроснабжением потребителей посредством стандартного оптоволоконного кабеля.

В работах Н.Тесла (Tesla N. Apparatus for transmission of electrical energy. US Pat № 349621, 15.05.1900) был предложен метод передачи активной мощности с использованием резонансных свойств однопроводной линии, изготовленной из металлического проводника. Этот метод был незаслуженно забыт по причине сложной организации управления резонансными характеристиками линии на основе доступной на тот момент элементной базы. Значительный прогресс по снижению стоимости и одновременному росту производительности однокристалльных микропроцессорных систем позволяет строить резонансные системы электропередачи с учетом экономической эффективности.

Для передачи электроэнергии используется металлические компоненты кабеля, предназначенные для придания ему

механической прочности. Электрическая мощность передается на повышенной частоте (до 50 КГц) с использованием специально разработанных генераторов. Каждый из электроприемников подключаются к линии посредством управляемого инвертора, являющегося источником электропитания потребителей с жестко нормированными параметрами качества. Для регистрации событий в сети информационные пакеты с телеметрической информацией передаются традиционным образом с использованием оптических волокон.

На крышах учебных корпусов смонтированы 6 солнечных электростанций с максимальной мощностью 2,2 кВт каждая. Станции территориально разнесены и соединяются оптоволоконным кабелем длиной 2,6 км. Вдоль кабеля располагаются 66 уличных светильников, снабженных розетками подключения дополнительного оборудования. Все точки электропитания снабжены контроллерами, предназначенными для централизованного мониторинга и корректировки параметров качества электроэнергии на выходе инверторов, а также для дистанционного управления светильниками. К этим же инверторам подключены точки доступа Wi-Fi (полное покрытие территории кампуса), камеры видеонаблюдения, а также розетки подключения различного оборудования, удобные, например, для стрижки газонов. Оптоволоконный кабель с воздушной подвеской на опорах освещения одновременно является телекоммуникационной магистралью, связывающей учебные корпуса, спортивные сооружения, общежития, хозяйственные постройки университета с общим количеством компьютеризированных рабочих мест более 1000 единиц (рис.8.4).

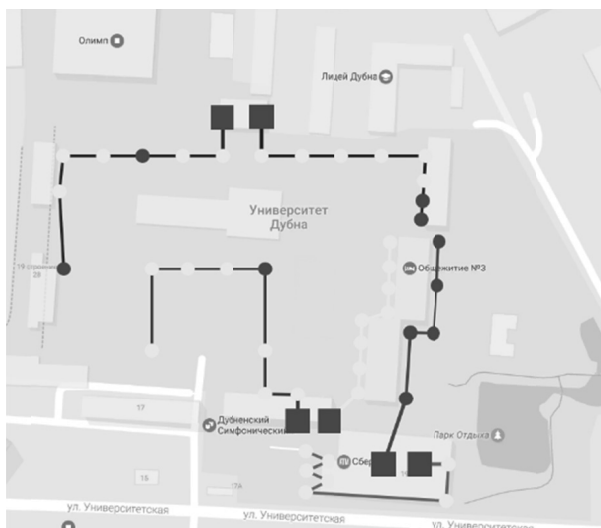


Рис.8.4 Трассы прокладки оптоволоконного кабеля уличного освещения кампуса университета «Дубна» с интеллектуальным управлением

Поскольку изменение характера электропотребления на выходе одного или нескольких из инверторов (например, подключение электрокосилки) может приводить к неравномерному изменению амплитуды напряжения на протяжении линии, мониторинг и корректировка показателей осуществляется встроенными контроллерами на основе программного обеспечения сервера централизованного мониторинга.

Результаты эксплуатации опытного полигона дуальной распределительной сети электроснабжения и передачи данных демонстрируют возможность поддержки отклонения параметров качества электроэнергии в диапазоне не более 1% от номинальных значений вне зависимости от мощности подключаемого оборудования и времени года.



## **ГЛАВА 9. АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ МАЛЫХ ПОСЕЛЕНИЙ**

Электрическая энергия остается наиболее удобным и востребованным видом энергии, передаваемой от крупных электростанций к многочисленным потребителям. Устаревшие линии передачи и оборудование подстанций в некоторых случаях преобразуют в тепловые потери до четверти сгенерированной мощности. Линии электропередачи длиной в десятки тысяч километров способны создавать и обслуживать только очень крупные корпорации, естественно превращающиеся в безальтернативные «естественные монополии». Формирование конкурентной среды для множества продавцов и потребителей электроэнергии в городе, поселке или даже деревне на основе автономных резонансных линий передачи электроэнергии и данных представляется перспективной задачей современной России.

### **9.1. Актуальность исследования**

В настоящее время в мировой практике наблюдается активное внедрение объектов распределенной электрогенерации, включающие малые газотурбинные и газопоршневые станции, ветрогенераторы, солнечные фермы, биогенераторы, микрогидроэлектростанции и другие объекты, находящихся во владении конечных пользователей. Так в Канаде установленная мощность на возобновляемых источниках электроэнергии составляла уже в 2000 году около 500 МВт. В Западной Европе мощность распределенной генерации оценивалась в 2002 году в 50 ГВт, включая малые ГЭС и ветрогенераторы. По данным Министерства энергетики США, опубликованным в 2007 году, в стране было установлено около 12 миллионов блоков, которые можно отнести к категории распределенной генерации в собственности у конечных пользователей, с суммарной мощностью более 200 ГВт.

Распределенная генерация электроэнергии в непосредственной близости от объектов потребления устраняет необходимость сооружения региональных электростанций и дополнительной сетевой инфраструктуры, обеспечивает сглаживание пиковых значений потребления, создает условия для

ускоренного наращивания мощности для развития экономики региона. Наличие источников в непосредственной близости от нагрузки увеличивает надежность электроснабжения, способствует обеспечению должных уровней напряжения в сети, снижает риск потери устойчивости системы.

Капитальные затраты на сооружение объекта распределенной генерации несет его собственник, вследствие чего отсутствует необходимость добавлять инвестиционную составляющую тарифа в счета всех ранее уже подключенных потребителей сети. В результате снижается тарифная нагрузка на потребителей, обслуживаемых энергосистемой, происходит сдерживание инвестиционных затрат. Кроме того, финансовые риски, связанные с объектами малой и средней генерации, намного ниже, чем для объектов с большой установленной мощностью.

В последнее время процесс ввода в эксплуатацию оборудования распределенной генерации начинает набирать обороты и в России. Так, по данным таможенных органов за последние два года в Россию импортировано оборудования малой и средней генерации общей мощностью 1200 МВт. Однако в нашей стране, несмотря на переход к рыночным структурам в электроэнергетике, во многом сохраняется традиция централизованного перспективного планирования развития системы как в области электрогенерации, так и сетевого хозяйства, не предполагающая даже в перспективе интеграцию объектов малой и средней генерации в существующую сетевую инфраструктуру.

Обсуждаемая концепция развития электроэнергетики на основе крупных генерирующих станций (Энергетическая стратегия России на период до 2030 года и Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года с перспективой до 2030 года), опирающихся на магистральные линии электропередачи с огромной протяженностью, не сможет обеспечить прорывное повышение динамики развития регионов страны. Инвестиции в строительство «умных распределительных сетей», являющиеся главным посылом концепции, призванным изменить ситуацию с надежностью и эффективностью электропередачи, непременно лягут тяжким бременем на потребителей в виде инвестиционной составляющей тарифов на период реализации в несколько десятилетий. Такое положение вещей ставит под сомнение саму

возможность выполнения в обозримой перспективе планов по модернизации промышленности и требует внедрения новых решений традиционных задач, в большей степени соответствующих глобальным законам сохранения потока энергии, гармонизирующим развитие значимых отраслей экономики.

## 9.2. Перспективные задачи

В этих условиях, с учетом задачи демонополизации региональных рынков электроснабжения, снижения уровня государственного регулирования ценообразования и необходимости привлечения в отрасли прямых инвестиций населения, необходимо заново сформулировать набор требований, предъявляемых к перспективным территориально-распределенным кабельным сетям, обеспечивающим спектр современных услуг:

- технологические и организационные особенности развития кабельной системы должны обеспечивать возможности для *строительства сетей «снизу»*, с уровня сельских поселений и районных центров;

- принципиальные, структурные и топологические схемы территориально-распределенных сетей должны обеспечивать *возможность обмена генерируемой мощностью в двух направлениях* на уровне распределения, а не только на уровне магистральной части системы;

- передача электроэнергии по линиям должна обеспечиваться с повышением потребительских характеристик сетей - *значительным снижением металлоемкости линий* для цветных металлов и *общей стоимости линий* при строительстве, а при эксплуатации электросетей *снижением потерь на разогрев проводников, повышением травмо- и пожаробезопасности;*

- трансляция потоков электроэнергии вдоль кабельной системы должна *совмещаться с высокоскоростной передачей данных* при использовании единой кабельной системы;

- *существенное снижение организационных издержек* компаний и населения не только при присоединении потребителей к сетям передачи электроэнергии для объектов нового строительства, но и при подключении к сетям генерирующих мощностей объектов распределенной и альтернативной энергетики;

- обеспечение непрерывного и *дифференцированного учета генерируемой и потребляемой электроэнергии* всеми участниками рынка, а в перспективе с учетом потребления каждой отдельной розеткой в распределительной сети здания;
- обеспечение *динамического управления параметрами* сложно структурированной сети с присоединенными разнородными источниками и потребителями электроэнергии с целью оптимизации процессов перетока энергии и сокращения технических потерь.

На первый взгляд некоторые из сформулированных требований противоречат друг другу. Например, требование по снижению стоимости строительства погонного метра сетей несовместимо с оснащением каждой электрической розетки программируемым вычислительным устройством, интеграцией в кабельной системе функций передачи электроэнергии и данных, формированием двунаправленного перетока электроэнергии. А строительство сетей «снизу», со случайно возникающими связями без предварительного проектирования (ячеистая топология, применяемая при строительстве линий Интернет) противоречит требованию динамического управления многочисленными электрическими параметрами в единой системе, резко усложняет организацию динамического учета в долевым энергообеспечении потребителя.

Однако, новые подходы к передаче электрической энергии, применение новых конструктивных решений при создании электрораспределительных сетей позволяют дать положительный ответ на вопрос о возможности обеспечения всех вышеизложенных требований в рамках одной кабельной системы.

### **9.3. Современное состояние проблемы**

В работах Н.Тесла (Tesla N. Apparatus for transmission of electrical energy. US Pat № 349621, 15.05.1900) был предложен метод передачи электрической энергии с использованием резонансных свойств однопроводной линии, изготовленной из металлического проводника. Этот метод был незаслуженно забыт по причине сложной организации управления резонансными характеристиками линии на основе доступной на тот момент элементной базы. Идеи Теслы были значительно развиты в работах

коллектива ученых Всесоюзного научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ) под руководством директора института академика Д.С. Стребкова .

Современные подходы к конструктивным решениям, используемым при строительстве интеллектуальных систем передачи электроэнергии разработаны в малом инновационном предприятии ООО «Мезон», созданном на основе закона №217-ФЗ при Международном университете природы, общества и человека «Дубна» и защищены патентами.

#### 9.4. Суть новой технологии

Конкурентоспособность используемых технологий однопроводной передачи электрической энергии обеспечивается высоким КПД передачи (до 98%) из-за малых потерь на поглощение и излучение энергии. Проводящий канал на основе силового стального компонента стандартного оптоволоконного кабеля в резонансном режиме имеет квазисверхпроводящие свойства. Объяснением этого эффекта является отсутствие активного тока в проводнике с низкой удельной проводимостью и доминирующей ролью в передаче энергии токов смещения.

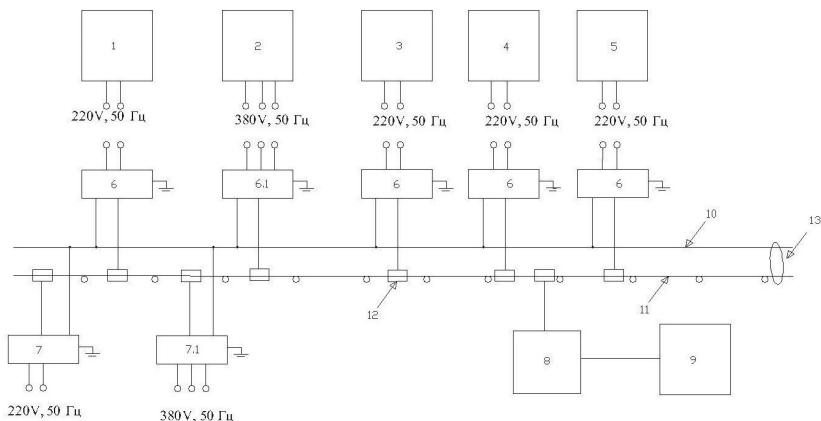


Рис.9.1 Сегмент сети резонансной системы передачи электрической энергии и данных

Использование телекоммуникационной инфраструктуры на основе оптоволоконного кабеля позволяет внедрить интеллектуальные технологии управления в распределительных

сетях электроснабжения, интегрировать в единой кабельной системе совместную передачу электрической энергии и данных, существенно снизить транспортные потери при поставке электроэнергии потребителю, снизить металлоемкость кабелей для цветных металлов, повысить вандалоустойчивость сетей, электро- и пожаробезопасность системы в целом.

Первая интеллектуальная система передачи электрической энергии и данных развернута на территории кампуса университета «Дубна» в июле 2011 года и с момента запуска эксплуатируется в непрерывном режиме. Сегмент сети резонансной системы передачи электрической энергии и данных (Рис.1) в качестве среды передачи использует стандартный оптоволоконный кабель (13), длина которого может достигать нескольких десятков километров. Резонансные генераторы (РГ) (6) являются преобразователями активной мощности множества территориально-распределенных источников электроэнергии (1-5), таких как солнечные батареи, ветрогенераторы, минигидроэлектростанции, водородные генераторы, приливные электростанции, накопители электроэнергии. РГ имеют подключение как к силовым металлическим компонентам оптоволоконного кабеля (10), так и к информационным оптическим волокнам этого же кабеля (11) посредством оптических ответвителей (12). Аналогичным образом к сегменту сети резонансной системы передачи имеют подключение множество (7) приемников-выпрямителей (ПВ), так же оборудованных микропроцессорной системой обработки данных (устройство «умная розетка»). Информационное пространство сегмента сети обслуживает сервер биллинга и мониторинга (8), в базу данных которого периодически поступают информационные сообщения о мгновенных значениях электрической мощности, генерируемой каждым из подключенных РГ в течение некоторого временного интервала и мощности, потребляемой оборудованием ПВ. Администрирование системы осуществляется оператором, имеющим доступ к оборудованию через Интернет (9).

### **9.5. Структура информационного взаимодействия объектов системы**

Резонансные генераторы (РГ), как и приемники-выпрямители (ПВ) могут иметь подключение более чем к одному сегменту

резонансной сети (Рис.2). В этом случае РГ и ПВ выполняют функцию согенераторов, обеспечивая, при необходимости, ретрансляцию электроэнергии из сегмента сети с избыточной генерируемой мощностью в энергодефицитный сегмент. Потребители электроэнергии в своей работе опираются на критерии и алгоритмы выбора оптимального пути к требуемому РГ через цепочку согенераторов. Маршрут строится исходя из наличия свободной мощности РГ одного из доступных источников альтернативной электроэнергии с лучшим параметром цена/качество. С целью оптимизации и унификации компонентов системы передачи электрической энергии и данных оборудование РГ и ПВ может быть смонтировано в едином корпусе – клиентском терминале (КТ).

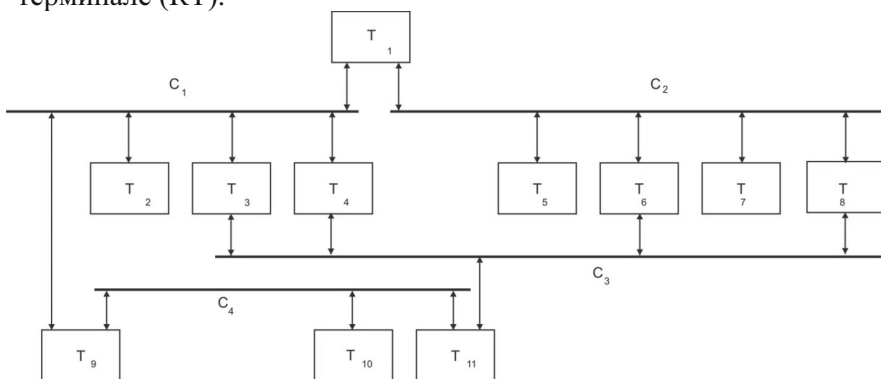


Рис.9.2 Пример многосегментной системы передачи электрической энергии и данных:

$T_1 - T_{11}$  – клиентские терминалы;  $C_1 - C_4$  – сегменты сети резонансной системы передачи

На информационном уровне клиентские терминалы объединяются в традиционную оптоволоконную сеть передачи данных. При подключении более чем к одному сегменту сети КТ выполняют роль маршрутизатора и обеспечивают пользователю удаленный доступ к электронной бирже электроэнергии. Объекты альтернативной энергетики, такие как солнечные панели, ветрогенераторы и др., являются ненадежными источниками

электроэнергии, генерируемая мощность которых сильно зависит от текущих погодных условий и времени суток. В связи с этой спецификой работы оборудования и меняющимися текущими потребностями домохозяйства в электрической энергии, клиентские терминалы могут работать в двух режимах – режиме поставки электроэнергии в сеть при излишках генерируемой мощности в домохозяйстве, а также в режиме потребления электроэнергии из сети в случае недостатка в собственной генерации. Объекты альтернативной генерации имеют в своем составе накопители электроэнергии, что позволяет поддержать необходимое потребление домохозяйства в периоды смены режима работы. КТ динамически и адаптивно меняют свою роль в системе, выступая в роли поставщика электроэнергии с оплатой потребителей на расчетный счет владельца, либо потребителя электроэнергии с оплатой со своего расчетного счета на счет владельца источника электроэнергии, выбранного в качестве текущего поставщика. Дополнительно, КТ могут выступать в роли согенераторов, являясь посредниками между производителем и потребителем электроэнергии, что также требует адаптивного выделения доли от максимально возможной производительности КТ и проведения взаиморасчетов с заказчиком данного транзита. Алгоритмы проведения коммерческих взаиморасчетов выходят за рамки данной статьи, однако необходимо учитывать, что формирование свободного рынка электроэнергии альтернативных источников предполагает возможность для владельца оборудования лично определять цену поставки и транзита электроэнергии другим участникам рынка путем внесения данных в расчетную систему. В связи с этим, технологии автоматической оптимизации маршрутов передачи электроэнергии в многосегментной сети приобретают особую значимость.

## **9.6 Формализованное описание структуры системы**

Один из способов построения структуры вычислительного процесса клиентского терминала предусматривает использование алгоритмов автоматической оптимизации на основе математической модели многоканальной системы передачи электроэнергии и данных. С этой целью представим формализованное описание объектов инфраструктуры системы.



**Компоненты системы.** Многоканальная система передачи электроэнергии и данных состоит из трех компонентов.

*Пользователь* – человек, являющийся владельцем оборудования электрогенерации и имеющий возможность определять ценовые характеристики поставки и транзита электроэнергии потребителям посредством доступа к информационно-расчетной системе сети.

*Клиентский терминал* (КТ) – устройство, предназначенное для передачи электрической мощности источника электроэнергии по однопроводной линии сегмента сети, а так же для приема электрической энергии, генерируемой другими источниками, формирования и обработки информационных сообщений в рамках сети передачи данных.

*Канал передачи* (КП) – сегмент оптоволоконного кабеля, являющийся средой для передачи как электрической энергии, так и информационных сообщений.

Многоканальная система передачи электроэнергии и данных (МСПЭД) является «связной», т.е. любой из её КТ имеет возможность передать электроэнергию и данные любому другому КТ, входящему в состав этой системы, непосредственно либо через промежуточные КТ, используемые в качестве согенераторов и маршрутизаторов.

Пример многоканальной системы передачи электроэнергии и данных показан на рис. 9.2.

**Требования к модели многоканальной системы передачи электроэнергии и данных.** Основные требования, предъявляемые к математической модели многоканальной системы передачи электроэнергии и данных:

- *полнота модели*, т.е. модель должна описывать МСПЭД с достаточной точностью, не опуская существенно важных параметров;
- *универсальность*, модель должна описывать, по возможности, наибольшее число вариантов построения МСПЭД;
- *минимальное число формальных параметров*, поскольку модель предназначена для использования в системах с ограниченными вычислительными ресурсами КТ, необходимо, чтобы она содержала минимально

необходимое число параметров, но при этом удовлетворяла требованиям полноты и универсальности.

### **9.7. Критерии оптимизации передачи электроэнергии в рамках МСПЭД.**

При разработке методов и технологий доступа КТ к внешним источникам электроэнергии необходимо обеспечить оптимизацию маршрутов передачи по одному или нескольким критериям. Наиболее вероятные критерии оптимизации МСПЭД:

- поиск маршрута до наиболее «дешевого» источника электроэнергии, т.е. такого, стоимость доставки энергии от которого будет наименьшей (включая стоимость оплаты за транзит через промежуточные КТ);
- поиск маршрута до наиболее «надежного» источника электроэнергии, т.е. такого, вероятность отказа в электроснабжении которым, будет минимальной (включая отказ в предоставлении затребованной мощности от источника в полном объеме, а так же отказ от любого из промежуточных КТ);
- поиск наиболее «короткого» маршрута до источника электроэнергии, т.е. такого, который включает наименьшее количество промежуточных КТ;
- поиск наиболее «быстрого» маршрута до источника электроэнергии, т.е. такого, энергия от которого будет доставлена до потребителя за минимальное время (этот критерий определяет продолжительность работы потребителя от запасенной электроэнергии в собственном накопителе, в то время как идет поиск нового источника электроснабжения).

Нетрудно заметить, что приведённые возможные критерии оптимизации связаны с поиском оптимального маршрута передачи электроэнергии. Следовательно, задача оптимизации работы МСПЭД в большинстве случаев сводится к задаче поиска оптимального маршрута. В свою очередь, для того чтобы использовать алгоритмы поиска оптимального маршрута, необходимо иметь какое-либо формальное описание топологии системы передачи электроэнергии, т.е. её модель.

## 9.8. Модель топологии системы передачи электроэнергии.

Задача поиска оптимального маршрута может быть решена после определения топологии системы. Предлагается один из способов формального описания топологии МСПЭД. Для определенности положим, что имеется система, включающая  $N$  клиентских терминалов и  $M$  каналов передачи.

Топологию МСПЭД, представленную в виде стандартной топологической схемы, можно однозначно описать «матрицей соединений»  $L$ , которая формируется по следующему правилу:

$$L [i,j] = \begin{cases} 1, & \text{если КТ}j \text{ связан с КПи} \\ 0, & \text{если связи КТ}j \text{ с КПи нет} \end{cases} \quad i = 1 \dots M; \quad j = 1 \dots N$$

На рис. 9.3 в качестве примера представлена матрица соединений  $L$  для МСПЭД, показанной на рис. 2, построенная согласно приведенному правилу.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
C1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
C2	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
C3	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Рис.9. 3. Матрица соединений системы передачи электроэнергии и данных

Итак, цель построения матрицы соединений – формальное описание топологической схемы системы передачи электроэнергии, без которой невозможна автоматизация поиска оптимального (согласно одному из критериев) маршрута передачи энергии по запросу КТ.

Следует учитывать, что МСПЭД функционирует на основе инфраструктуры с меняющейся во времени топологией, т.е.  $L = L(t)$ . Поэтому при создании сегментов таких систем необходима установка серверов баз данных (8) рис.9.1, для централизованного обновления таблицы соединений при опросе КТ, либо внедрение в КТ алгоритмов автоматического формирования таблицы соединений на каждом из КТ.

## 9.9. Модель клиентского терминала.

Помимо топологии системы передачи для поиска оптимального маршрута необходимо знать характеристики каждого клиентского терминала, через которые проходят потоки электроэнергии. Набор характеристик должен однозначно давать ответ на вопрос о возможности и экономической целесообразности поставки электроэнергии в канал передачи от данного КТ.

В результате рассмотрения требований к модели системы и критериев оптимизации выбраны следующие характеристики клиентского терминала:

- $P_{ji \max}$  – максимальная выходная мощность выхода  $j$  – го клиентского терминала, подключенного к  $i$  – му каналу передачи;
- $P_{ji}$  – текущая свободная мощность, которая может быть выдана по запросу системы  $j$  – ым клиентским терминалом в  $i$  – ый канал передачи;
- $C_j$  – стоимость, выдаваемой в канал передачи электрической мощности  $j$  – ым клиентским терминалом от собственного источника электроэнергии (изначально определяется централизованно как рекомендованная, но может быть изменена владельцем);
- $C_{ji}$  – стоимость электрической мощности, ретранслируемой  $j$  – ым клиентским терминалом в  $i$  – ый канал передачи при отборе энергии из другого канала передачи, подключенного к этому же клиентскому терминалу (изначально определяется централизованно как рекомендованная, но может быть изменена владельцем).

Таким образом, состояние клиентского терминала номер  $j$  в каждый момент времени описывается параметрами  $P_{ji \max}$ ,  $P_{ji}$ ,  $C_j$ ,  $C_{ji}$ . Совокупность параметров всех клиентских терминалов в МСПЭД образует **матрицу состояния терминалов**.

Параметры  $P_{ji \max}$ ,  $C_j$ ,  $C_{ji}$  можно считать константами для данного клиентского терминала, поскольку  $P_{j \max}$  будет изменяться лишь после замены/модернизации оборудования, а  $C_j$  и  $C_{ji}$  устанавливаются пользователем на длительный промежуток времени. Другими словами, все эти события происходят относительно редко.

В ходе автоматизированного вычисления оптимального маршрута по одному или нескольким критериям, наибольшие трудности возникают при динамическом учете параметра  $P_{ji}$ , который меняется случайным образом, в зависимости, например, от мгновенных значений скорости ветра на месте установки ветрогенератора или изменения собственного электропотребления владельца источника электроэнергии. Следует также учитывать, что клиентский терминал не имеет возможности мгновенно прекратить поставку электроэнергии в канал передачи, например, если владелец оборудования включил дополнительный электроприбор в своем доме и внутреннее потребление превысило объемы внутренней генерации на протяжении некоторого времени  $t$ . В этом случае, на период переходного процесса, дополнительное электропотребление домовладения покрывается из внутреннего накопителя электроэнергии, клиентский терминал посылает сообщение в биллинговую систему об отрицательном параметре  $P_{ji}$  и, получив разрешение, прекращает поставку электроэнергии в канал передачи. На следующем этапе, если параметр  $P_{ji}$  продолжает оставаться отрицательным, клиентский терминал проводит поиск маршрута до оптимального внешнего источника и, по завершению формирования составного канала, переходит в режим получения электроэнергии из системы в объеме имеющегося дефицита. Аналогичным образом строится алгоритм работы и клиентского терминала, находящегося в режиме потребления и получившего уведомление от биллинговой системы о невозможности дальнейшего получения энергии от текущего источника.

Для нахождения оптимального маршрута, серверное программное обеспечение взаиморасчетов (биллинговая система) должна иметь информацию о состоянии *всех* клиентских терминалов в системе и текущей матрицы соединений. Клиентский терминал отсылает уведомления биллинговой системе об изменении собственного состояния и имеет возможность, в случае необходимости, произвести подбор маршрута до источника, получая необходимые данные по запросу. Необходимо учитывать, что количество возможных маршрутов доставки электроэнергии прогрессивно растет при подключении новых КС, а стоимость электроэнергии для потребителя существенно зависит от количества промежуточных сегментов на маршруте от источника до потребителя. В этих условиях разумно ограничить множество

возможных маршрутов лишь теми, что предполагают использование не более двух согенераторов на пути от источника до потребителя.

### 9.10. Структура вычислительного процесса клиентского терминала.

На основе построенных моделей топологии МСПЭД и клиентского терминала может быть предложена структура вычислительного процесса, который реализует алгоритмы оптимизации маршрутов доступа до источников согласно выработанным критериям (рис.9. 4).

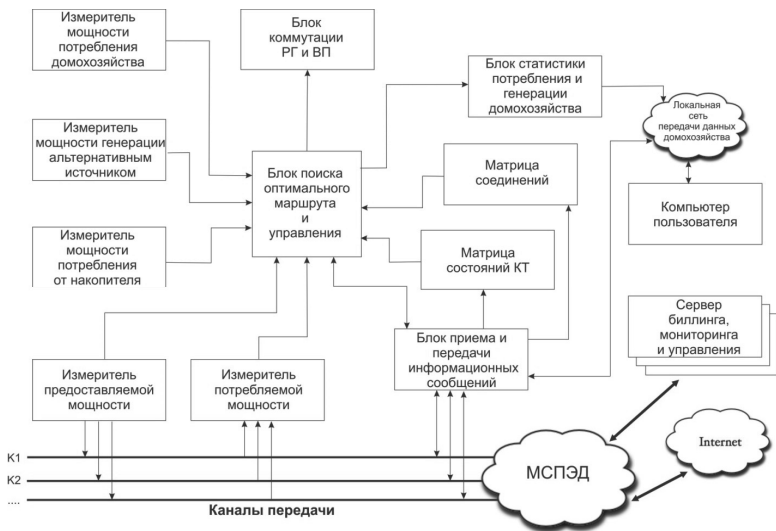


Рис.9. 4. Структурная схема вычислительного процесса клиентского терминала. Показаны основные блоки вычислительного процесса и потоки данных между ними.

Рассмотрим функции блоков вычислительного процесса.

**Блок измерителей мощности** реализует программный интерфейс взаимодействия с аппаратными датчиками измерения мгновенной мощности оборудования генерации и потребления, обслуживаемого клиентским терминалом. Данные накапливаются

в оперативной памяти блока измерителей, усредняются на коротких временных интервалах и передаются в блок управления.

**Блок поиска оптимального маршрута и управления** обеспечивает управление потоками энергии, принимаемой и транслируемой в каналы передачи, непосредственно подключенные к КТ. Также задачей данного блока является обеспечение информационного взаимодействия с другими КТ, подключенными к МСПЭД. Поиск маршрута до оптимального с точки зрения выбранных критериев источника энергии происходит в случае недостатка во внутренней генерации на основании матрицы состояний КТ и матрицы соединений. Маршрут вычисляется как функция от текущего состояния множества клиентских терминалов  $T_1(t) \dots T_N(t)$ , текущей матрицы соединений  $L(t)$  и критерия оптимизации  $R$ , определяемого пользователем при конфигурации собственного клиентского терминала:

$$P = f(T_1(t) \dots T_N(t), L(t), R).$$

**Блок коммутации РГ и ВП** формирует управляющие сигналы для подключения резонансного генератора к каналу передачи в случае наличия невостребованной домохозяйством мощности внутренней генерации, либо подключения выпрямителя-приемника для получения дополнительной электрической мощности из МСПЭД. При подключении клиентского терминала одновременно к нескольким каналам передачи, блок коммутации управляет более чем одним комплектом РГ и ВП, организуя возможность регенерации электрической мощности из энергоизбыточного канала передачи в энергодефицитный. Команды на проведение коммутаций формируются блоком поиска оптимального маршрута и управления на основании баланса собственного энергопотребления и по запросам других КТ, строящих маршруты до источников.

**Блок приема и передачи информационных сообщений** осуществляет прием и передачу запросов и подтверждений при подключении к внешнему КТ и промежуточным согенераторам на основании построенного маршрута, осуществляет информационное взаимодействие с серверами биллинга, мониторинга и управления МСПЭД с получением и поддержкой в актуальном состоянии матриц соединений и состояний КТ, обновляет по команде блока управления состояние собственного КТ в базе данных МСПЭД. Дополнительными задачами блока является осуществление

функций маршрутизации информационных пакетов при подключении КТ к нескольким каналам передачи, а также организация доступа из локальной компьютерной сети домохозяйства в Интернет, к сервисам телефонии, телевидения и др.

**Блок статистики потребления и генерации домохозяйства** производит накопление и долговременное хранение данных - текущих параметров генерации и потребления, получаемых от блока поиска оптимального маршрута и управления, обеспечивает представление накопленных данных пользователю в удобной для него форме. Блок также отвечает за хранение и предоставление по запросам данных – стоимости генерируемой мощности, стоимости мощности транзита, критерий оптимизации, которые устанавливаются пользователем как параметры предоставления собственных ресурсов КТ.

**Компьютер пользователя** является устройством управления и мониторинга владельца оборудования генерации и КТ.

**Сервера биллинга, мониторинга и управления** предназначены для обобщения собираемых по запросам от КТ параметров, построения и предоставления матриц соединений и матриц состояний КТ, ведения коммерческого учета поставляемой и потребляемой электроэнергии, сбора обобщенной статистической информации о работе МСПЭД, поддержки сайта мониторинговой и биллинговой информации в интересах пользователей.

Подобная организация вычислительного процесса имеет следующие достоинства:

- **универсальность**, т.е. вычислительный процесс, построенный по такой схеме, пригоден в подавляющем большинстве вариантов построения инфраструктуры МСПЭД;

- **адаптивность**. Структура вычислительного процесса спроектирована с учетом универсальной модели топологии системы передачи электроэнергии и модели клиентского терминала. Поскольку в своей работе вычислительный процесс клиентского терминала учитывает текущее состояние системы передачи энергии (её топологию и параметры клиентских терминалов), он в большинстве случаев способен сформировать маршрут до источника энергии, оптимального по установленному критерию оптимизации, адаптируясь к реальным условиям функционирования системы в данный момент времени.



## 9.11. Выводы.

Интеграция генераторов и приемников электрической энергии в единое информационное пространство открывает возможности по организации непрерывного и *дифференцированного учета выданной и потребленной электроэнергии*. Возможность формирования рынка электроэнергии на муниципальном и районном уровне, с учетом реального спроса и предложения в различное время суток, требует разработки специализированных алгоритмов взаимодействия множества оборудования КТ с целью оптимизации наиболее важных критериев работы системы.

На основании практических соображений выбраны критерии оптимизации передачи электроэнергии, которые послужили основой для формирования требований к топологической модели системы передачи электроэнергии и данных и модели клиентского терминала.

В результате рассмотрения построенной модели сделан вывод, что оптимальный маршрут является функцией от текущего состояния множества клиентских терминалов  $T_1(t) \dots T_N(t)$ , текущей матрицы соединений  $L(t)$  и критерия оптимизации  $R$ , определяемого пользователем при конфигурации собственного клиентского терминала. Также предложена одна из возможных структур вычислительного процесса клиентского терминала, который адаптируется к текущим условиям функционирования системы с использованием разработанных моделей топологии и КТ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Механизация и автоматизация проектирования технологии и управления производственными процессами – один из основных путей интенсификации производства, повышения его эффективности и качества продукции.

При этом наметилось три направления, по которым идёт решение проблемы повышения эффективности инженерного труда в сфере проектирования:

- рационализация системы проектирования, включая систематизацию самого процесса проектирования и улучшение организации труда;
- комплексная автоматизация умственно-формальных, нетворческих функций инженера-проектировщика в процессе проектирования;
- разработка имитационных моделей для воспроизводства на ЭВМ умственной деятельности человека, его способности принимать решения в условиях полной и частичной неопределённости проектных ситуаций, разработки эвристических алгоритмов, позволяющие качественно решать сложные задачи проектирования при введении определённых ограничений.

Следует отметить, что тенденцией современного этапа механизации, автоматизации и роботизации проектирования является создание комплексных систем автоматизированного проектирования и изготовления, включающих конструирование изделий, технологическое проектирование, подготовку управляющих программ для оборудования с программным управлением, изготовление деталей, сборку узлов и машин, упаковку и транспортирование готовой продукции.

Таким образом, тенденцией современного этапа создания механизированных и автоматизированных технических средств и технологических процессов промышленного и с.-х. производства является разработка комплексных систем, включающих конструирование, технологическое проектирование и изготовление изделий и систем.

При этом спроектированный технологический процесс должен оперативно реагировать на изменение производственных ситуаций процесса изготовления этих изделий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Карапетян М.А., Пряхин В.Н. Механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства: Учеб. пособие.- М.: ФГБОУ ВПО МГУП, 2013.- 216 с.
2. Карапетян М.А., Мочунова Н.А. Воздействие ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на плодородие почв: Монография.- М.: ООО «Мегаполис», 2017.- 133 с.
3. Пряхин В.Н., Максимов В.М., Лазаренко М.Л. Устройство для управления микроклиматом в теплице. //Патент РФ на полезную модель № 160530. Оpubл. 20.03.2015. Бюл. № 8.
4. Пряхин В.Н., Максимов В.М., Овчукова С.А. Устройство для регулирования факторов внешней среды при выращивании растений. //Патент РФ на полезную модель № 157254. Оpubл. 27.11.2015. Бюл. № 33
5. Пряхин В.Н., Калинин А.О., Чибухчян Г.С. Надёжность и безопасность автоматизированных систем управления технологическими процессами сельскохозяйственного производства. //Международ. технико-экономический журнал.- 2017.- № 4. – С. 84-89.
6. Пряхин В.Н., Максимов В.М., Рыков С.В. Устройство для распределения рабочей среды по независимым объектам потребления. //Патент РФ на полезную модель № 163137. Оpubл. 10.07.2016. Бюл. № 19.
7. Пряхин В.Н., Карапетян М.А. Исследование технологии выращивания с.-х. культур в защищённом грунте с оценкой её экономической эффективности. //Вестник МОАЭБП.- Вып. № 20 (27).- М.: Изд-во «Спутник +», 2016.- С. 69...73.
8. Пряхин В.Н., Мочунова Н.А., Калинин А.О. Техногенные и экологические опасности и их последствия при работе автоматизированных систем АПК. //Международ. научн. журнал.- Вып. № 5.- М., 2017.- С. 82...87.
9. Пряхин В.Н., Мочунова Н.А. Оценка эффективности защиты населения в местах скопления людей. //Сб. научн. статей. Доклады ТСХА: Вып. 290. – Часть 1.- М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2018.- С. 291...292.

10. Пряхин В.Н., Карапетян М.А., Мочунова Н.А. Техногенная и экологическая безопасность на объектах АПК: Учеб. пособие.- М.: ООО «Мегаполис», 2018.- 117 с.
11. Пряхин В.Н., Карапетян М.А., Мочунова Н.А. Экстремальное управление несколькими объектами АПК. //Междунар. технико-экономич. Журнал: Вып. № 6.- М., 2019.- С. 110...116.
12. Пряхин В.Н., Мочунова Н.А., Карапетян М.А. Исследование систем управления объектов сельскохозяйственного производства. //Междунар. технико-экономич. Журнал: Вып. № 3.- М., 2020.- С. 67...73.
13. Пряхин В.Н., Карапетян М.А., Калинин А.О. Пути обеспечения экологической безопасности. //Вестник МОАЭБП.- № 21(28).- М.: Изд-во «Спутник +», 2020.- С. 53...59.
14. Пряхин В.Н. Безопасность жизнедеятельности: Курс лекций.- М.: ООО «Мегаполис», 2019.- 115 с.
15. Крюков Ю.А., Пряхин В.Н., Мочунова Н.А. Экономико-математическое моделирование на объектах АПК. //Вестник МОАЭБП. – Вып. № 22(29).- М.: Изд-во «Спутник +», 2020.- С. 5-15.
16. Карапетян М.А., Максимов В.М. Прогнозирование возможности применения различных систем массового обслуживания в условиях производства. //Вестник МОАЭБП.- Вып. № 22(29).- М.: Изд-во «Спутник +», 2020.- С. 16...22.
17. Пряхин В.Н., Крюков Ю.А., Максимов В.М. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере. //Вестник МОАЭБП.- Вып. № 22(29).- М.: Изд-во «Спутник +», 2020.- С. 23-29.
18. Орлов Н.Б. Математическое моделирование технической эксплуатации транспортно-технологических машин. //Вестник МОАЭБП.- Вып. № 22(29).- М.: Изд-во «Спутник +», 2020.- С. 37-40.
19. Паляева В.Н., Болдырев Т.В. Экспериментально-расчётный прогноз анализа надёжности машин. //Вестник МОАЭБП.- Вып. № 22 (29).- М.: Изд-во «Спутник +», - С. 60...64.
20. Карапетян М.А., Матвеев А.С., Бадмаева И.И. Зависимость совершенствования методов технической эксплуатации на работоспособность технологических машин. //Вестник МОАЭБП. Вып. № 22(29).- М.: Изд-во «Спутник +», 2020

21. Олифер В., Олифер Н., Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов 5-е изд. – СПб.: Питер, 2016. – 992 с.: ил.
22. Шишков Е.М., Солдусова Е.О., Проничев А.В. Разработка алгоритма управления электрическими режимами изолированной электроэнергетической системы с использованием распределенного реестра//Фундаментальные исследования. – 2017. – № 11-1. – С. 158-163.
23. Крюков Ю.А. Интеллектуальная распределительная сеть передачи электроэнергии и данных как технология, обеспечивающая прорывные изменения электроэнергетике и связи. // Русский инженер, - №2 (33), 2012, с. 57-61.
24. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года, Сайт Министерства энергетики Российской Федерации, <http://minenergo.gov.ru/activity/energostrategy/>
25. Шамин А.А. Организация вычислительного процесса микропроцессорных терминалов для многоканальных систем передачи данных. Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, Вычислительные технологии, Том 12, Специальный выпуск 1, 2007.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
<b>Г л а в а 1. Защита окружающей среды</b>	
1.1. Экологическая безопасность системы земледелия и природопользование .....	4
1.2. Волоконно-оптические датчики для контроля параметров состояния объектов и окружающей среды в задачах мониторинга .....	12
1.3. Влияние антропогенной нагрузки на естественны фитоценозы .....	22
1.4. Влияние природных и антропогенных факторов на биохимический состав растений.....	30
1.5. Компьютерное моделирование чрезвычайны лесопожарных ситуаций и их последствий .....	35
1.6. Определение взаимосвязи физико-химических свойств, строения химических веществ и их токсичностью .....	40
1.7. Применение в экомониторинге водно-органических объектов количественной спектроскопии ЯМР .....	44
1.8. Мероприятия по уменьшению загрязнения атмосферного воздуха в г. Ереване .....	51
1.9. Экологическая оценка состояния муниципальной территории .....	53
<b>Г л а в а 2. Механизация сельскохозяйственного производства</b>	
2.1. Применение модели агроценоза для оценки эффективности модернизации движителей сельскохозяйственных тракторов .....	56
2.2. Разработка метода линейного программирования МТА .....	62
2.3. Исследование параметров и адаптирования режимов работы МТА при автоматизированном управнии.....	66
2.4. Автоматизированное управление работой МТА с обеспечением адаптации режимов их работы кразличным условиям эксплуатации .....	70
2.5. Исследование основных параметров и режимов работы МТА с учётом влияния на них внешних факторов .....	77

2.6. Особенности сельскохозяйственных угодий горной местности .....	88
2.7. Анализ работы тракторов на склонах.....	90

### **Г л а в а 3. Оптимизация и надежность технологических процессов**

3.1. Прогнозирование уровня надёжности агрегатов машин природообустройства экспериментально расчётными методами .....	96
3.2. Ремонтно-техническое обслуживание агрегатов техники природообустройства.....	99
3.3. Исследование показателей надёжности на этапах становления техники.....	102
3.4. Достижение заданного уровня надёжности элементов конструкции расчётными методами .....	105
3.5. Вопросы надёжности гидроприводов погрузчиков .....	108
3.6. Оптимизация режима устранения отказов в системах сепарации .....	112
3.7. Принципы построения систем контроля аварийных ситуаций на объектах нефтедобычи в акваториях Арктических морей .....	120

### **Г л а в а 4. Автоматизация сельскохозяйственного производства**

4.1. Оптимизация режима работы рабочих органов в системах автоматического управления на объектах АПК.....	129
4.2. Применение имитационного моделирования при решении народнохозяйственных задач .....	134
4.3. Организация автоматизации безопасных химико-технологических процессов .....	139
4.4. Вопросы моделирования и автоматизации промышленного и сельскохозяйственного производства .....	143
4.5. Анализ качества и синтеза экологических систем АПК со случайными параметрами .....	146
4.6. Исследование основных логических элементов АСУ объектами утилизации .....	149

## **Г л а в а 5. Технологические процессы**

### **сельскохозяйственного производства**

5.1. Оценка рисков в логистике .....	155
5.2. Задачи логистического обслуживания и методы их решения .....	162
5.3. Методика определения потребности в изделии, используемом в условиях промышленного и сельскохозяйственного производства .....	165
5.4. Энергосбережение и использование возобновляемых источников энергии малой мощности – одно из важнейших направлений экологизации хозяйственной деятельности .....	172

## **Г л а в а 6. Методы и средства защиты от опасности технических систем и технологических процессов**

6.1. Общие требования безопасности и экологичности к техническим системам и технологическим процессам .....	182
6.2. Экспертиза безопасности оборудования и технологических процессов .....	183
6.3. Экологическая экспертиза производственного оборудования и технологий .....	184
6.4. Требования безопасности и экологичности при постановке продукции на производство .....	186
6.5. Требования безопасности и экологичности при вводе оборудования в эксплуатацию .....	187
6.6. Требования безопасности и экологичности при эксплуатации оборудования .....	189

## **Г л а в а 7. Обоснование применения СМО в промышленном и с.-х. производстве.**

7.1. Экономико-математическое моделирование на объектах АПК .....	191
7.2. Прогнозирование возможности применения различных СМО в условиях производств .....	196
7.3. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере .....	200
7.4. Применение имитационного моделирования, как логико-математического описания технико-экономических объектов .....	205



7.5. Моделирование СМО для обслуживания энергоинформационных комплексов .....	210
7.6. Применение систем массового обслуживания в промышленности и с.-х. производстве.....	215
<b>Г л а в а 8. Дуальные сети передачи электроэнергии и данных.</b>	
8.1. Концепция дуальных территориально-распределительных сетей .....	220
8.2. Принципы построения дуальных сетей.....	221
8.3. Обобщённая структурная схема построения дуальных сетей .....	221
8.4. Показатели качества дуальных сетей .....	223
8.5. Модели построения дуальных сетей .....	227
8.6. Методы оптимизации дуальных сетей .....	228
8.7. Аprobация используемых методов и технологий дуальных сетей .....	229
<b>Г л а в а 9. Автономная система электропитания малых поселений</b>	
9.1. Актуальность исследования .....	233
9.2. Перспективные задачи .....	235
9.3. Современное состояние проблемы .....	236
9.4. Суть новой технологии .....	237
9.5. Структура информационного взаимодействия объектов системы .....	238
9.6. Формализованное описание структуры системы .....	240
9.7. Критерии оптимизации передачи электроэнергии в рамках МСПЭД .....	242
9.8. Модель топологии системы передачи электроэнергии .....	243
9.9. Модель клиентского терминала.....	244
9.10. Структура вычислительного процесса клиентского терминала.....	246
9.11. Выводы.....	249
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	250
ЛИТЕРАТУРА.....	251
СОДЕРЖАНИЕ .....	254



## Уважаемые читатели!

Издательство «Спутник+»  
предлагает:

- 📖 **ИЗДАНИЕ И ПЕЧАТЬ МОНОГРАФИЙ, КНИГ** любыми тиражами (от 50 экз.).
    - ✓ Срок - от 3-х дней в полноцветной и простой обложке или твердом переплете.
    - ✓ Присвоение ISBN, рассылка по библиотекам и регистрация в Книжной палате.
    - ✓ Оказываем помощь в реализации книжной продукции.
  - 📖 **ПУБЛИКАЦИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ** для защиты диссертаций в журналах по гуманитарным, естественным и техническим наукам.
    - ✓ Журнал «Естественные и технические науки» входит в перечень ВАК.
  - 📖 **ПРОВЕДЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАОЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ** по всем научным направлениям для аспирантов, соискателей, докторантов и научных работников.
  - 📖 **ПУБЛИКАЦИЯ СТИХОВ И ПРОЗЫ** в журналах «Российская литература», «Литературный альманах «Спутник» и «Литературная столица».
- ➕ **Набор, верстка, корректура и редакция текстов.**  
➕ **Печать авторефератов, переплет диссертаций (от 1 часа).**
- 
- **Переплетные работы, тиснение, полноцветная цифровая печать.**

*Наш адрес: Москва, 109428, Рязанский проспект, д. 8А*  
*тел. (495) 730-47-74, 778-45-60, 730-48-71 с 9 до 18 (обед с 14 до 15)*  
**<http://www.sputnikplus.ru> e-mail: [print@sputnikplus.ru](mailto:print@sputnikplus.ru)**

*Научное издание*

Пряхин Вадим Николаевич,  
Карапетян Мартик Аршалуйсович,  
Крюков Юрий Алексеевич

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Монография*

Издательство «Спутник +»  
109428, Москва, Рязанский проспект, д. 8А.  
Тел.: (495) 730-47-74, 778-45-60 (с 9.00 до 18.00)  
<http://www.sputnikplus.ru> E-mail: [print@sputnikplus.ru](mailto:print@sputnikplus.ru)  
Подписано в печать 07.04.2021. Формат 60×90/16.  
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 16,13. Тираж 50 экз. Заказ 122.  
Отпечатано в ООО «Издательство «Спутник +»