

# МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПОДГОТОВКИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

## METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF RESEARCH OF ORGANIZATIONAL-TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF PREPARATION OF BUILDING PRODUCTION

*Р.М. Осопрелко, Е.И. Кисель*

*Брестский государственный технический университет, Беларусь*

*Osoprelco R., Kisel E.*

*Brest State Technical University, Republic of Belarus*

*Аннотация.*

*Для комплексной, системотехнической оценки ОТН функционирования строительных организаций в современных условиях необходима разработка методологии исследования данной проблемы.*

*В качестве основы исследования должны быть рассмотрены системотехнические принципы и критерии, позволяющие оценивать функционирование организационно-технологических систем в наиболее общей форме. Анализ поведения системы в условиях риска, экономической нестабильности с учетом многокритериальных ограничений требует тщательной проработки приемов и методов изучения поставленной проблемы.*

*Summary*

*For complex, system-technical evaluation of the functioning of building organizations in modern conditions, it is necessary to develop a methodology for studying this problem.*

*As a basis for the study, system-technical principles and criteria should be considered that allow us to evaluate the functioning of organizational and technological systems in the most general form. Analysis of the behavior of the system in a risky, economically unstable environment, taking into account multicriteria limitations, requires careful study of methods and methods for studying the problem posed.*

При организации подготовки строительного производства строительные организации сталкиваются со следующими проблемами: ненадежность системы подготовки, отказы, а также отклонение от заданных параметров.

Основой обеспечения организационно-технологической надежности (ОТН) функционирования строительных организаций при подготовке строительного производства является системный анализ факторов, обеспечивающих надежность строительного производства, рассмотрение структур и организационно-технологических задач в строительстве.

Под системным анализом понимают научный метод познания, представляющий собой всестороннее изучение системного объекта вместе со всей совокупностью его внешних и внутренних связей, которое проводится для выявления возможностей улучшения функционирования этого объекта[1].

В настоящее время системный анализ не является полностью сформировавшимся научным направлением, однако созданные методы и подходы широко применяются для решения организационно-технологических задач. Таким образом, системный подход является неотъемлемой частью теории системотехники строительства.

При исследовании организационно-технологической надежности подготовки строительного производства первоочередной задачей является определение целей и

расстановка приоритетов проекта. Исходя из поставленных целей, руководством организации разрабатываются различные соответствующие методы организации строительства и производства работ. При целевом подходе требуется обеспечение координации и взаимодействия всех участников строительного процесса. Цель организации подготовки строительного производства состоит в выборе методики и подходов для оценки надежности подготовки, а также в определении параметров и факторов, влияющих на ОТН.

Исходя из поставленных целей, необходимо решить ряд задач (рис.1) для обеспечения надежности подготовки строительного производства. Приведенное деление на группы довольно условно, так как все задачи взаимосвязаны и их изучение и решение должно быть системотехническим.

Проведенные исследования и экспериментальные разработки позволяют рекомендовать в качестве методологических основ системотехники следующие наиболее общие концептуально-методологические принципы (таблица 1):

- функционально-системный;
- вероятностно-статистический;
- имитационно-моделирующий;
- интерактивно-графический;
- инженерно-экономический.

В рамках функционально-системного подхода строительная система рассматривается как иерархия целей. В качестве основного системообразующего фактора выступает результат, цель функционирования. Такой подход позволяет по-новому проектировать сложные системы на основе оценки адекватности используемой модели по степени отражения заданного результата. При оценке надежности функционирования системы в данном случае уходят от механического резервирования и дублирования элементов, а рассматривают возможности структурной перестройки и функциональной подмены одних элементов (ненадежных, отказавших) другими элементами, выполнявшими ранее другие функции.

В целом функционально-системный принцип позволяет построить строгую логику проектирования строительных систем и придать сугубо практическую направленность системотехнике строительства.

Вероятностно-статистический принцип в качестве методологической основы системотехники строительства отражает тот факт, что одной из базовых концепций современного научного мировоззрения является вероятностное и статистическое представление изучаемых объектов, включение фактора массовости при системном рассмотрении объектов. Основой вероятностного подхода является представление о распределениях случайных величин, которыми опосредуются зависимости между свойствами исследуемых объектов. На этой базе разрабатываются модели теории вероятностей и математической статистики.

Использование имитационно-моделирующего принципа определяется усложнением систем и невозможностью натурального эксперимента. С другой стороны, развитие вычислительной теории и техники позволяет проводить моделирование и машинную реализацию больших систем. В строительстве с его сложными организационно-технологическими и управленческими структурами математическое моделирование становится единственно возможным методом исследования.

Интерактивные системы позволяют решать многие трудноформализуемые задачи. Формальные компоненты передаются на ЭВМ, а неформальные остаются прерогативой человека и легко корректируют и дополняют формальные компоненты через диалоговый режим взаимодействия человека с ЭВМ, осуществляемый по ходу решения задачи. Появляется возможность отказаться от традиционной "точной" процедуры оптимизации и перейти на "приближенную" на основе модельного эксперимента путем постановки вопросов типа "что, если...?". Графическое представление информации в интерактивных системах обеспечивает компактность и высокую информативность документов.

Инженерно-экономический принцип состоит в создании моделей, позволяющих использовать обратную связь на стадии проектирования и планирования, разработку надежных формализованных и нормированных оценочных процедур как средства экономического исследования качества и прогрессивности решений в строительстве.

Таким образом, для оценки ОТН подготовки строительного производства наиболее приемлемым является вероятностно-статистический принцип, т.к. отсутствие учета, вероятностного и стохастического характера подготовки строительного производства приводит к ненадежности большинства организационно-технологических, экономических и управленческих решений. Достоинством данного метода является возможность анализировать и оценивать различные факторы, влияющие на подготовку строительства объекта.

Системотехнические задачи подготовки  
строительного производства



рисунок 1 – Системотехнические задачи

Таблица 1. Концептуально-методологические принципы системотехники строительства

№ п/п	Концептуально-методологический принцип	Исходные положения	Цель	Кол-во факторов	Показатели	Достоинства	Недостатки
1	Функционально-системный	- системообразующий фактор – результат, цель функционирования;  - подчинение конечному результату заставляет переориентировать многие ОТР	Достижение определенного результата	Без ограничения	Экспертные оценки;  Макроэкономические	-позволяет по-новому проектировать сложные системы на основе оценки адекватности по степени отражения заданного результата;  - при моделировании позволяет провести оценку адекватности модели по степени отражения (достоверности, надежности) результата функционирования	-реализация возможна только при автоматизированных системах проектирования
2	Вероятностно-статистический	-переход от частных к более общим системам понятий, включая предшествующий уровень знаний;	Множество целей	Без ограничения	Статистические	- применяется при создании теории ОТН ОТР, которая базируется на методах математической статистики и теории вероятности	-значения целевой функции выражаются статистическим распределением и находятся в стохастической зависимости от всех распределений значенных параметров системы управления
3	Имитационно-моделирующий	-применение методов математического моделирования	Определенная цель	Ограниченное	Статистические, экспертные	-используется при усложнении системы управления и невозможности натурального экспертного моделирования; -единственный метод исследования со сложными организационно-технологическими и управленческими структурами	-для решения задач необходимо основываться на опыте экспертов; -функционирование возможно только при идеальном описании изучаемой системы

Продолжение таблицы 1

4	Инженерно-экономический	-создание модели, позволяющей использовать обратную связь на стадии планирования; - разработка надежных процедур как средства экономического исследования и качества прогрессивности ОТР в строительстве	Определенная цель	Ограниченное	Статистические, макроэкономические	-комплексная оценка как отдельных подсистем, так и всей системы в целом; - позволяет целенаправленно отбирать показатели эффективности отдельных подсистем и системы в целом для оценки решений	-отсутствие комплексных показателей и критериев оценки экономической эффективности
5	Инженерно-психологический	-учет основ инженерной психологии при графическом представлении информации, распределении функций между человеком и ЭВМ улучшении их взаимодействия -стохастический характер влияющих факторов -источник исходной информации-экспертные оценки, специально собранные данные	Множество целей	Без ограничения	Экспертные	- решение задач, которые не поддаются полной формализации из-за многокритериальности, отсутствия подходящего математического аппарата или эффективных численных методов решения	-отсутствие единого мнения в вопросах распределения функций между человеком и ЭВМ
6	Интерактивно-графический	-применение графических способов представления информации и использование ее в интерактивном решении	Множество целей	Без ограничения	Экспертные	-возможность изменения решений; -обеспечение компактности, высокой информативности и скорости восприятия информации; - позволяет отказаться от формализации определенного класса задач и резко расширить круг проблем, решаемых с помощью ЭВМ; -использует способности человека принимать эвристические решения и повышает эффективность и качество решений; -ускоряет принятие решений в связи с быстрым обнаружением заведомо неверных путей их поиска; -обеспечивает визуальный контроль за ходом решения задачи и надежность (достоверность) результатов	- необходимо наличие современного компьютерного оборудования и ПО

Для расчета показателей надежности технических систем применяются аналитические методы. К ним относятся методы теории случайных процессов, теории экспертных оценок (эвристического прогнозирования), декомпозиции (эквивалентирования), логико-вероятностные, асимптотические, аналитико-статистические методы. На практике используют методы имитационного и статистического моделирования (метод Монте-Карло) [2].

Для определения надежности организационно-технологических решений подготовки строительного производства будем использовать метод анализа видов и последствий отказов (FMEA). Анализ видов и последствий отказов является методом систематического анализа системы для идентификации видов потенциальных отказов, их причин и последствий, а также влияния отказов на функционирование системы (системы в целом или ее компонентов и процессов) [3].

Анализ производится на ранних стадиях подготовки строительного производства, когда устранение или уменьшение последствий и количества отказов является наиболее эффективным с экономической точки зрения. Анализ начинается после представления системы подготовки в виде функциональной блок-схемы и указания всех ее элементов. Главной особенностью является постоянное обновление FMEA, так как при этом совершенствуется конструкция системы.

В целом данный анализ - это результат работы квалифицированных специалистов, которые способны идентифицировать и оценить значимость и последствия разного рода несоответствия при подготовке строительного производства, приводящим к отказам в системе. Работа в команде гарантирует необходимое качество экспертизы.

FMEA позволяет определить тяжесть последствий видов потенциальных отказов и обеспечить меры по снижению риска. FMEA также включает в себя оценку вероятности возникновения видов отказов, что расширяет анализ.

Аналитические методы являются важными для исследования надежности реальных технических систем, поскольку для большого количества факторов, влияющих на надежность систем, высокая достоверность имитационного моделирования практически недостижима.

В качестве основного метода получения информации о надежности подготовки строительного производства использована непосредственная регистрация отказов. При этом регистрации подлежат отказы, представляющие собой остановки производства при выполнении различного рода работ, которые могут произойти или не произойти в результате отсутствия необходимых конструкций, деталей или полуфабрикатов, неисправности техники, поломки или длительные задержки автотранспорта, отсутствия электроэнергии, неблагоприятных метеорологических условий, нарушения правил техники безопасности, не выхода на работу или опоздания исполнителей, нарушений технологии, организации и управления строительством, выхода из строя подъездов к объекту, несогласованности действий строительных подразделений и исполнителей и других причин, вызывающих простой монтажа более 2 часов. Как показывает опыт, простой меньше 2 часов в сутки несущественно складываются на работе монтажного потока, т.к. такое отставание может быть ликвидировано за счет периодического роста производительности труда и использования резервов рабочего времени. Эти данные записываются в таблицу (Таблица 2).

Таблица 2. Статистические данные отказов

Месяц	Число рабочих дней	Календарные дни				
		1	2	3	4	5
		_____	_____	_____	_____	_____
		_____	_____	_____	_____	_____

Номер причины отказа	Дата и время отказа	Продолжительность отказа
	Дата и время исправления	отказа

Далее все значения отказов (по тем или иным группам)  $x$  разделяем на разряды в зависимости от причин возникновения и подсчитываем число значений  $x_i$ , приходящихся на каждый  $i$ -ый разряд. Полученные данные образуют исследуемый статистический ряд (Таблица 3).

Таблица 3. Статистический ряд.

Показатель	Разряды				
	0	1	2	3	4
Число отка-					
Частота отка-					

Таким же образом весь диапазон времени простоя (отказов) (по тем или иным группам)  $x$  разделим на разряды и подсчитаем число значений  $x_i$ , приходящихся на каждый  $i$ -ый разряд при этом в каждый разряд выбирается определенный временной интервал, которому соответствует то или иное количество простоев. Определяем фактическую частоту появления события (отказа), соответствующую каждому разряду по формуле:

$$\Phi_i^* = x_i/h \quad (1)$$

где  $x_i$  – значение  $x$  в  $i$ -том разряде;  $h$  – число суток наблюдения

Для оценки математического ожидания обычно рассматривают среднее арифметическое наблюдаемых значений случайной величины (числа отказов в сутки) по формуле:

$$M^*[X] = \sum_{i=1}^h x_i/h \quad (2)$$

где  $M^*[X]$  – математическое ожидание среднесуточного числа отказов

Вычислительная оценка математического ожидания является статистическим средним фактического числа отказов за сутки. В долговременном многолетнем непрерывном потоке монтажа эта величина согласно закону больших чисел при неограниченном увеличении числа опытов приближается (сходится по вероятности) к математическому ожиданию:  $M^*[X] = M[X]$ .

При функционировании автоматизированной системы диспетчерского управления в соответствующем отделе (Таблица 4) в журналах может быть зафиксировано число и продолжительность отказов на ведущих частных и специализированных потоках (возведение подземной части зданий, монтаж надземной части, малярные и обойные работы, устройство полов, специальные работы). В журналах (Таблица 5) отклонения продолжительности технологических стадий или выполнения этапов работ (специализированных потоков) от запланированных сроков осуществления этих работ по графикам поточного строительства.

Таблица 4. Журнал регистрации технологических отказов

Дата и время начала отказа	Наименование (адрес)	Причина возникновения отказа	Дата и время ликвидации отказа	Прод-ть отказа



Таблица 5. Журнал регистрации организационных отказов

Адрес объекта	Нулевой цикл			Монтаж			Отделка			Общая фактическая прод-ть	Отклонение от норматива
	Начло	Окончание	Продолжительность	Начло	Окончание	Продолжительность	Начло	Окончание	Продолжительность		

В журналах (Таблица 6) рекомендуется регистрировать отклонения интенсивности частных и специализированных потоков от заданной величины и выполнение объемов работ в физическом выражении.

Таблица 6. Журнал регистрации интенсивности процесса

Адрес объекта	Интенсивность процесса м <sup>3</sup> в сутки (м <sup>2</sup> в сутки и т.п.)									

Таким образом, в системном анализе можно выделить ряд этапов (процедур). На рисунке 2 представлена обобщенная схема проведения системного анализа организационно-технологической надежности.

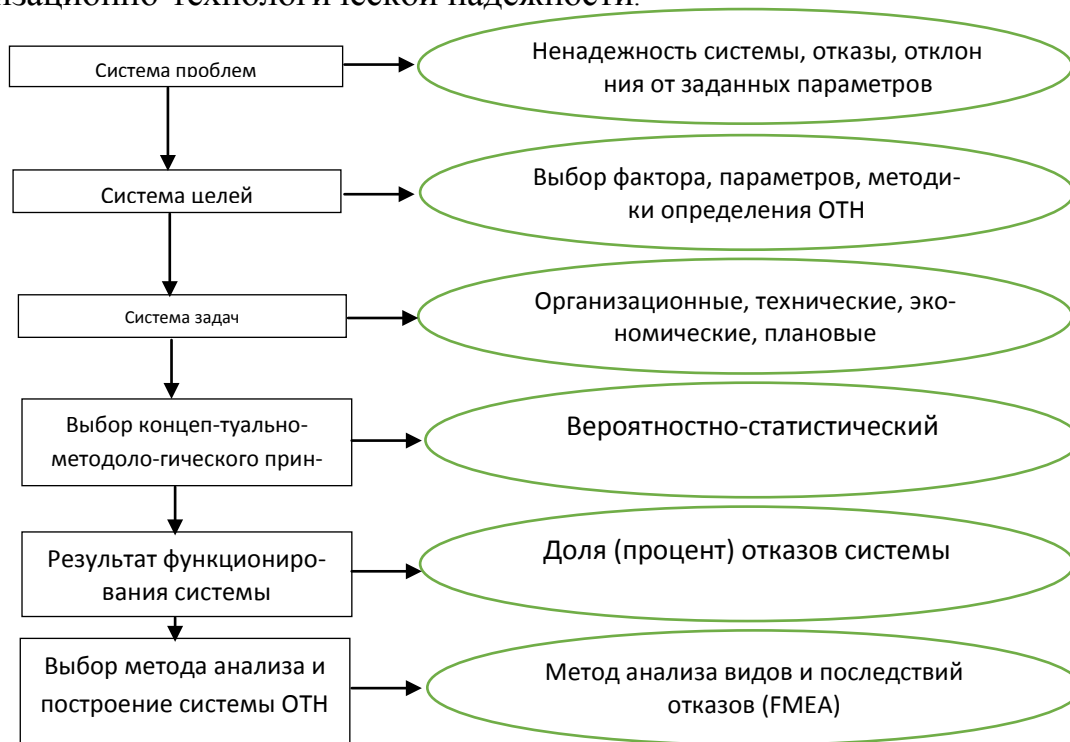


Рис. 2 Этапы проведения системного анализа подготовки строительного производства

Однако, задача обеспечения надежности подготовки строительного производства не определяется только лишь фиксацией видов и причин отказов. Необходимо также определить предельные значения и уровень последствий, влияющих на надежность, что является следующей задачей ОТН подготовки строительного производства.

**Литература:**

1. Клиланд Д., Кинг В. Системный анализ и целевое управление. М., 1974.
2. Матвеевский В.Р. Надежность технических систем: учеб. пособие. – М.: МГИЭМ, 2002. – 113 с.
3. СТБ 1506-2015. Системы менеджмента. Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий потенциальных отказов. - Взамен СТБ 1506-2004 ; введ. 01.04.2016. - Минск : Госстандарт : БелГИСС, 2016. - V, 108 с. : ил., табл.- (Государственный стандарт Республики Беларусь).