

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ РЕШЕНИИ ЧАСТНЫХ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА МАГИСТРАЛЬНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

И.А. Высоцкая, А.В. Скрыпников✉, Ю.А. Боровлев,
В.В. Самцов, П.О. Романов

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ»), Россия, 394036, г. Воронеж, пр-кт Революции, д. 19

skrypnikovvsafe@mail.ru

Проведен анализ современного состояния методов и приведена классификация частных задач проектирования организации строительства. Рассматривается вопрос понимания термина «надежность» в рамках организационной системы, в частности в строительном производстве. Проведен анализ применения теории надежности, сформулировано четыре подхода к исследованию надежности организационных систем. В каждом из подходов выделены особенности и недостатки их использования в качестве критерия оптимальности или в ограничениях. Сделаны выводы об использовании понятия уровня надежности организационной системы при решении задач проектирования организации строительства лесовозных автомобильных дорог.

Ключевые слова: лесовозные автомобильные дороги, строительство, проектирование, теория надежности

Ссылка для цитирования: Высоцкая И.А., Скрыпников А.В., Боровлев Ю.А., Самцов В.В., Романов П.О. Применение теории надежности организационных систем при решении частных задач проектирования организации строительства магистральных лесовозных автомобильных дорог // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2024. Т. 28. № 4. С. 157–166. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-4-157-166

Круг задач, возникающих при проектировании организации строительства лесовозных автомобильных дорог, весьма широк и определяется составом проекта организации строительства (ПОС), регламентированным различными строительными нормами и правилами (СНиП), в которых установлено, что для решения поставленных задач следует применять экономико-математические методы. Однако некоторые задачи, как, например, разработка ситуационного плана строительства, плана инженерных сетей, являются сугубо организационными и не требуют математической формализации и строгого научного обоснования. Для строительства лесовозных автомобильных дорог магистрального типа требуется разработка календарного плана, составление графика потребности в основных строительных машинах и транспортных средствах.

В настоящее время при разработке ПОС лесовозных автомобильных дорог проектировщики в подавляющем большинстве случаев полагаются на имеющийся опыт или на решения, принятые ранее в других проектах при аналогичных ситуациях [1, 2], а для расчетов используют укрупненные нормативы, содержащиеся в соответствующих СНиП.

Однако этот традиционный подход не всегда дает удовлетворительные результаты, поскольку

укрупненные нормативы не могут учесть индивидуальные особенности проектируемого объекта, а личный опыт проектировщика субъективен. Индивидуальный подход особенно важен при проектировании организации строительства магистральных лесовозных автомобильных дорог, поскольку каждая из них представляет собой уникальный строительный объект. В этом случае ошибочные организационные решения, принятые на стадии составления ПОС, влекут за собой убытки, исчисляемые сотнями миллионов рублей.

Исследователи неоднократно решали отдельные частные задачи, входящие в состав ПОС. Фактически это основные, наиболее сложные задачи, однако их можно формализовать и решить с помощью различных оптимизационных методов и современных компьютерных технологий. К таким относятся следующие задачи:

– составление оптимального графика перемещения земляных масс и выбор машин для выполнения земляных работ [3, 4];

– определение потребности в ресурсах различных видов (строительных материалах, машинах и механизмах, автотранспортных средствах и т. д.) [5, 6];

– размещение производственных баз строительства [7];

– составление календарного плана или сетевого графика строительства объекта [8–10].

Результаты решения в ходе составления ПОС отдельных задач с ориентацией на частные критерии оптимальности могут вступить в противоречие между собой и, очевидно, не будут оптимальными с точки зрения глобального критерия — экономического эффекта от строительства проектируемого объекта.

М.Д. Спектором [11] предложен метод комплексной оптимизации процессов строительства: «при проектировании организации строительства и производства работ организационно-технологические решения выбираются с одновременным охватом в анализе их взаимосвязи друг с другом и достижением конечных целей строительства». Автор подчеркивает, что ведущее значение в этом методе за оптимизацией продолжительности строительства, поскольку только путем «выбора оптимальной продолжительности строительства можно достичь согласования организационно-технологических решений в строительном производстве с экономическими целями строительства как отрасли».

Последний тезис особенно важен для магистральных лесовозных автомобильных дорог, продолжительность строительства которых должна быть обоснованно установлена в ходе разработки ПОС.

Процесс строительства носит вероятностный характер [10], и в большинстве работ для учета этого факта была применена теория надежности организационных систем, получившая широкое распространение при решении задач ПОС.

Цель работы

Цель работы — показать возможность использования уровня надежности в качестве критерия оптимальности при решении задач ПОС лесовозных автомобильных дорог на основании анализа современного состояния методов ПОС.

Материалы и методы

Для того чтобы наиболее полно учесть опыт, накопленный к настоящему времени в решении задач ПОС, необходимо рассмотреть различные подходы и методы, применявшиеся в работах по рассматриваемой тематике.

Результаты и обсуждение

Исследования надежности организационных систем в строительстве начали проводиться в середине 1960-х годов в связи с развитием поточного строительства, и за период 2000–2020 гг. в этой области осуществлено значительное количество разработок, различных по целям и по методике исследований.

Теория надежности для технических систем хорошо развита и описана в литературных источниках [1–37]. Между техническими и организаци-

онными системами существуют принципиальные различия, отмеченные наряду с особенностями А.Ф. Шкляровым [11], в частности:

- организационные системы неизмеримо сложнее технических по составу и взаимодействию элементов;

- одним из основных элементов организационных систем являются люди;

- взаимосвязи между элементами организационной системы динамичны и могут изменяться в ходе управления.

В связи с этим автоматически перенести основные определения теории надежности технических систем в теорию надежности организационных систем оказалось невозможно. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

Применительно к техническим устройствам надежность определяется как свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значение установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. При этом показателем надежности технической системы могут служить либо ее безотказность (вероятность нормального функционирования в течение заданного промежутка времени), либо долговечность, либо ремонтпригодность, либо какое-нибудь сочетание этих свойств [13].

Однако до сих пор ввиду отсутствия соответствующих нормативных документов в теории надежности организационных систем не существует единой общепринятой терминологии и твердо установленных определений основных понятий. Вследствие этого практически в каждой работе, посвященной исследованию надежности организационных систем, авторы приводят свои определения основных понятий, используя собственную терминологию.

В некоторых работах определение понятия «надежность» применительно к организационным системам было дано по аналогии с определением этого понятия для технических систем.

Суть таких определений состоит в том, что под надежностью организационной системы следует понимать ее способность сохранять свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого времени функционирования [4, 7, 14]. При этом за количественный показатель надежности, называемый ее уровнем, обычно принимается вероятность сохранения в заданных пределах значений выбранного автором параметра, характеризующего эффективность работы системы. Чаще всего этим параметром служит количество строительной продукции, производимой потоком в единицу времени [14, 15].

Выход значения выбранного параметра за установленные пределы (например, падение интенсивности потока ниже заданного критического уровня) считается отказом организационной системы. Другое определение отказа авторы предлагают считать отказом частного объема работ к моменту критического сближения рассматриваемого частного потока со следующим за ним частным потоком.

В работах [10, 14] надежность понимают как вероятность выполнения принятых решений, в частности, как вероятность безотказной работы системы в плановый период. А.А. Гусаков [16] отмечает, что «надежность системы определяется вероятностью отказа в течение гарантированного проектом срока исправной работы системы».

Это высказывание полностью отражает суть всех приведенных выше определений понятий надежности организационных систем и ее уровня. Ни в одном из определений не учитывается взаимосвязь, существующая между надежностью организационной системы и конечным результатом ее функционирования.

Конечным результатом функционирования для организационной системы строительного производства считается завершение предусмотренных проектом работ в срок, не превышающий директивный, при условии достижения запланированных показателей.

Однако А.А. Гусаков [16] указывает, что для систем строительного производства характерны не полные отказы, а частичные, которые устраняются в процессе непрерывного функционирования системы. Очевидно, что временный выход тех или иных параметров организационной системы за установленные пределы в течение заданного срока функционирования вполне может не сказаться на конечном результате функционирования системы, т. е. не иметь ощутимых последствий, и, следовательно, определения понятий надежности организационной системы и ее уровня, подобные приведенным выше, не могут считаться отражающими их сущность.

Отсюда справедливо утверждение, что термин «надежность» в организационно-технологических системах можно применять только к результату деятельности системы.

Что же касается технических систем, то для них обычно важна безотказная работа именно в процессе функционирования, поскольку отказ технической системы практически всегда сказывается на конечном результате ее деятельности (например, на качестве выпускаемой ею или при ее участии продукции, на регистрируемых ею данных и т. п.). Очевидно также, что понятия «ремонтпригодность» и «долговечность» применительно к организационным системам лишены всякого смысла.

Таким образом, провести прямую аналогию между основными понятиями теории надежности технических систем и теории надежности организационных систем не удается.

В монографии А.Ф. Шклярова [12] надежность функционирования системы управления на некотором уровне руководства определяется как вероятность выработки и реализации мероприятий, ликвидирующих отрицательные отклонения и обеспечивающих выполнение плановых заданий. На практике это означает, что на уровне строительного управления вероятность того, что требуемое для маневрирования случайное количество рабочих не превысит маневренный резерв рабочих в строительном управлении, или условная вероятность того, что при выполнении предыдущего условия превышение продолжительности критического пути на сетевом графике работ над директивной продолжительностью строительства не превысит предельную величину отклонения, которую можно еще ликвидировать имеющимися силами рабочих. На уровне строительного треста надежность функционирования системы управления определяется по аналогии с уровнем строительного управления, однако еще учитываются ресурсы механизмов и материалов.

При таком определении весьма трудно достаточно достоверно определить вероятность выработки необходимых мероприятий, а также оценить предельную величину превышения продолжительности критического пути над директивной продолжительностью строительства при имеющихся ресурсах. Поэтому практическая ценность такого определения надежности функционирования системы управления существенно снижается.

Нетривиальный подход к определению показателя надежности выполнения годовой программы работ дорожно-строительной организацией приведен в работе Г.Я. Глинского [17], где в качестве показателя надежности предложена величина

$$H = P\{\bar{T}_\phi \leq \bar{T}_д; Q_\phi \geq Q_д; B_\phi \geq B_д; C_\phi \leq C_д; \dots\}, \quad (1)$$

где P — вероятность;

\bar{T}_ϕ и $\bar{T}_д$ — соответственно векторы фактических и директивных сроков выполнения работ;

Q_ϕ и $Q_д$ — соответственно фактический и директивный объемы товарной продукции, руб.;

B_ϕ и $B_д$ — соответственно фактический и директивный показатели производительности труда, руб./чел.;

C_ϕ и $C_д$ — соответственно фактическая и директивная себестоимость работ, руб.

В формуле (1) можно учитывать и другие технико-экономические показатели.

Тем не менее такое определение показателя надежности, несмотря на кажущуюся «всеобъемлемость» имеет недостатки. Во-первых, значение показателя надежности в явном виде зависит от нескольких технико-экономических показателей, причем их влияние на конечный результат деятельности дорожно-строительной организации с экономической точки зрения неодинаково, что никоим образом не учитывается формулой (1). Во-вторых, наличие нескольких одновременно учитываемых и, очевидно, взаимозависимых технико-экономических параметров должно значительно усложнять проведение исследований с использованием определенного формулой (1) показателя надежности, поскольку затруднительно учесть влияние изменения директивных значений параметров на значение этого показателя. Отсюда следует невозможность по такому обобщенному показателю надежности судить об отдельно взятых технико-экономических показателях функционирования дорожно-строительной организации (например, невозможно оценить величину $P\{T_{\phi} \leq T_{д}\}$ при заданном показателе надежности (1)).

Наиболее распространены определения, принятые в работах [12, 14], суть которых заключается в следующем. Под надежностью организационной системы следует понимать ее свойство достигать планируемый результат функционирования в заданный срок. Надежность количественно характеризуется величиной, называемой уровнем надежности и равной вероятности достижения запланированных результатов (в частности, выполнения запланированных объемов работ) в срок, не превышающий директивный

$$H = P\{T \leq T_{дир}\}, \quad (2)$$

где T и $T_{дир}$ — фактический и директивный сроки выполнения запланированных работ соответственно.

Очевидно, что при таком определении величина уровня надежности тесно взаимосвязана с величиной директивного срока строительства.

К настоящему времени указанные работы можно классифицировать по следующим четырем признакам:

- 1) исследование надежности объекта;
- 2) исследование подходов к определению надежности;
- 3) исследование видов ресурсов;
- 4) исследование критерия оптимальности.

В качестве объектов, надежность которых исследуется, могут выступать следующие объекты:

- сетевой или календарный график строительства нескольких объектов;
- строительный поток (или его календарный график), реализуемый на одном объекте.

Выделяют четыре подхода к исследованию надежности организационных систем:

- 1) оценка надежности объекта, в зависимости от параметров объекта;
- 2) оптимизация принятого критерия оптимальности при заданном уровне надежности;
- 3) обеспечение максимально возможного уровня надежности;
- 4) определение оптимального с точки зрения принятого критерия уровня надежности объекта.

Отметим, что определение надежности организационных систем при всех подходах достигается путем варьирования количества ресурсов различных видов в пределах заданных ограничений и (или) их оптимального распределения.

В работах рассматриваются следующие виды ресурсов:

- мощности (машины и механизмы, рабочие силы) [6, 7, 31];
- строительные материалы, денежные средства [18, 20, 28];
- резервные заделы, опережения частных или специализированных потоков, временные резервы [13, 17, 22, 29, 32, 35].

Работы в области первого подхода были посвящены главным образом оценке организационной надежности строительных потоков, причем по аналогии с техническими системами [10, 12]. При этом иногда рассматривалась зависимость уровня надежности от какого-либо параметра потока. Так, например, в работе Б.М. Томаева [10] показано, что между средней сменной выработкой и продолжительностью простоев потока существует линейная корреляционная зависимость (при этом отношение средней сменной выработки к нормативной было принято показателем надежности потока). Основным недостатком исследований в этой области является отсутствие конкретных рекомендаций, что снижает их практическую ценность.

Следующей ступенью послужили работы в области второго подхода (их подавляющее большинство), имевшие целью разработку рекомендаций по достижению некоторого заданного уровня надежности при условии оптимизации величины некоторого выбранного критерия. При этом достижение заданного уровня надежности обеспечивается путем резервирования ресурсов различных видов. Такие задачи оптимизации решались Б.Ф. Билецким [21], Б.М. Томаевым [10], Т.В. Бобровой [3], Д.В. Бурмистровым [18], В.В. Никитиным [9, 27], А.В. Скрыпниковым [5, 7–9] и др.

Определению оптимальных количеств ресурсов типа «мощности» посвящены работы А.А. Гусакова [16], П.Ф. Вайнкофа [14], И.А. Золотарь [20], и др. Резервирование ресурсов типа

«мощности», а также материалов, необходимых для обеспечения заданного уровня надежности сетевого графика, рассматриваются в монографии А.Ф. Шклярова [12]. Разработке организационно-технологических решений по возведению крупных, промышленных объектов и комплексов с планируемым уровнем надежности посвящена работа Б.Ф. Белецкого [21].

Однако при определении оптимального количества ресурсов возникает вопрос о том, как именно задать тот уровень надежности, к обеспечению которого следует стремиться. А.А. Гусаков [16] предлагает обеспечивать уровень надежности не ниже 0,5. Тем не менее ни в одной из перечисленных выше работ не дается строгое обоснование этого значения. Очевидно, что априори назначаемый уровень надежности может потребовать для своего обеспечения неоправданно больших затрат ресурсов или же, наоборот, оказаться слишком низким с точки зрения экономического эффекта. Следовательно, необходимо обоснованно определять требуемый уровень надежности, чего рассматриваемый подход не обеспечивает. Отметим, что еще одним недостатком второго подхода является то, что рассматривается, как правило, не более одного вида ресурсов, тогда как без учета резервирования различных видов ресурсов в комплексе картина вряд ли будет полной и достаточно адекватной.

Е.В. Быстрянец [13] установил взаимосвязь между уровнем надежности системы и уровнем ее организации, количественно характеризуемой величиной энтропии (т. е. величиной неопределенности ее состояний), и предложил методику определения необходимых уровней надежности подсистем, входящих в состав рассматриваемой системы, для обеспечения требуемого уровня надежности в целом, однако подход, продемонстрированный в работе [13], является весьма абстрактным и потому плохо применим на практике.

Третий подход приведен в работах П.Ф. Вайнкофа [14] и Г.Я. Глинского [17], где решается задача обеспечения максимально возможного уровня надежности при заданных или варьируемых в пределах некоторых ограничений количествах ресурсов. При таком подходе стоимостной показатель, отражающий экономический эффект, может быть учтен только в ограничениях и не может служить критерием оптимальности, в то время как основной целью исследований в конечном итоге должно быть именно достижение максимального экономического эффекта от строительства проектируемого объекта [36].

С этой точки зрения более правильный четвертый подход изложен в работе [18], где авторы ставят целью разработку метода расчета оптимального уровня надежности дорожно-строительного

потока, причем критерием оптимальности служит «сумма затрат на производство работ и эффекта от досрочного ввода объекта в эксплуатацию (либо потерь от удлинения фактических сроков строительства по сравнению с плановыми)».

Особенности организации строительства лесовозных автомобильных дорог, отличающие его от строительства прочих объектов [1, 37], не учитывались ни в одной из рассмотренных работ. При этом наличие достаточного задела земляного полотна считалось обеспеченным. Однако на практике достаточный задел земляного полотна обеспечен далеко не всегда; более того, его отсутствие является одной из основных причин простоев специализированного потока по устройству дорожной одежды. Данный пример показывает, что для получения достоверных результатов при решении задач проектирования организации строительства лесовозных автомобильных дорог эти особенности следует учитывать.

В результате анализа работ, посвященных решению частных задач проектирования организации строительства с помощью теории надежности организационных систем, можно утверждать, что наиболее распространенное и не содержащее очевидных противоречий определение уровня надежности как вероятности достижения запланированных результатов в срок, не превышающий директивный, неразрывно связывает величину уровня надежности с продолжительностью строительства.

Уровень надежности определяется индивидуально для каждого объекта и может быть оптимальным согласно выбранному критерию.

Использование уровня надежности в качестве критерия оптимальности при решении задач ПОС неправомерно. Фактическая продолжительность строительства объекта является случайной величиной в силу вероятностного характера процесса строительства, обусловленного влиянием множества случайных факторов. Поскольку процесс строительства конкретного объекта имеет единственную реализацию, логично ориентироваться на модальное значение этой случайной величины как на «наиболее вероятное». Следовательно, именно это модальное значение можно считать продолжительностью строительства, которую реально обеспечивают принятые на стадии проектирования организационные решения. Ни в одной из рассмотренных выше работ не были указаны параметры распределения случайной величины продолжительности строительства, не было проведено исследование изменения этих параметров (или соотношения между ними) в зависимости от резервирования ресурсов, и не установлено, какое же именно превышение директивного срока можно считать

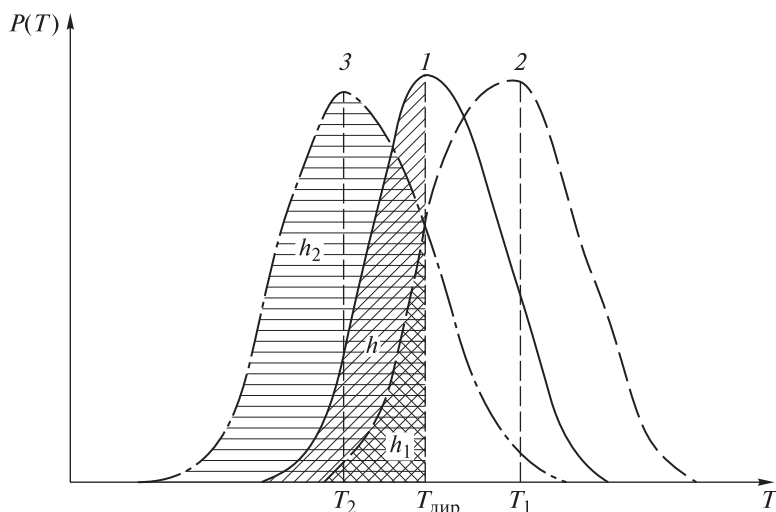


График функции плотности распределения случайной величины продолжительности строительства объекта: 1 — директивная продолжительность строительства соблюдается (уровень надежности равен h); 2 — директивная продолжительность строительства для обеспечения оптимального уровня надежности h_1 , ($T_1 > T_{дир}$); 3 — директивная продолжительность строительства не достигается для обеспечения оптимального уровня надежности h_2 , ($T_2 > T_{дир}$)

Graph of the distribution density function of the randomly increased construction duration of object 1 — the guideline construction duration is observed (reliability level is equal to h); 2 — the guideline duration of construction has been exceeded in order to ensure the optimal level of reliability h_1 , ($T_1 > T_{дир}$); 3 — the guideline duration of construction is not achieved in order to ensure the optimal level of reliability h_2 , ($T_2 > T_{дир}$)

допустимым, а какое — недопустимым с точки зрения надежности организационной системы (например, превышение директивного срока строительства на 1–2 смены, очевидно, не вызовет заметных последствий, однако необходимо установить некоторую максимально допустимую величину).

Директивная продолжительность строительства объекта, регламентированная нормативными документами, при ПОС с учетом его вероятностного характера позволяет добиваться совпадения модального значения продолжительности строительства с директивной (рисунок).

Если же для того чтобы обеспечить необходимый (пусть даже оптимальный) уровень надежности за счет резервирования ресурсов различных видов, придется сдвинуть это модальное значение относительно директивного, то тем самым принятые организационные решения фактически будут обеспечивать отличную от директивной продолжительность строительства, т. е. идти вразрез с нормативными документами, что недопустимо. Изменять же форму распределения случайной величины продолжительности строительства, с тем чтобы добиться нужного уровня надежности, не сдвигая модального значения, за счет изменения качественного состава ресурсов, невозможно.

Однако для множества объектов не установлены нормы продолжительности строительства в силу того, что эти объекты уникальны. К таким объектам, в частности, относятся и магистральные лесовозные автомобильные дороги. В этом случае само определение уровня надежности теряет всякий смысл, поскольку отсутствует директивная продолжительность строительства. Даже если определить требуемую продолжительность строительства такого объекта путем решения некоторой оптимизационной задачи, то с ее установлением, очевидно, сразу же становятся применимы приведенные нами выше тезисы для объектов с установленной директивной продолжительностью строительства.

Таким образом, уровень надежности может служить в лучшем случае сугубо иллюстративной величиной, но ни в коем случае фактором, определяющим содержание организационных решений.

Выводы

В результате проведенного анализа можно констатировать, что при решении задач организации и планировании вариантов лесовозных автомобильных дорог использование понятия уровня надежности организационной системы, в качестве критерия оптимальности или в ограничениях, неэффективно.

Определение уровня надежности как вероятности достижения запланированных результатов в срок, неразрывно связывает величину уровня надежности и продолжительность строительства. Однако для магистральных лесовозных автомобильных дорог не установлены нормы реализации проектных решений в силу их уникальности и специфики.

Список литературы

- [1] Кантор И.И. Изыскание и проектирование железных дорог. М.: Академкнига, 2003. 288 с.
- [2] Оптнер С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. М.: Советское радио, 1969. 216 с.
- [3] Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 1991. 366 с.
- [4] Боброва Т.В., Бедрин Е.А., Дубенков А.А. Моделирование проектных решений земляного полотна в условиях криолитозоны. Омск: Изд-во СибАДИ, 2016. 164 с.
- [5] Болтнев Д.Е., Высоцкая И.А., Скрыпников А.В., Левушкин Д.М., Микова Е.Ю., Тверитнев О.Н. Оценка экономической эффективности проектных решений автомобильных лесовозных дорог // Строительные и дорожные машины, 2021. № 5. С. 49–53.
- [6] Орлов А.О., Мацнев М.В., Скрыпников А.В., Козлов В.Г., Могутнов Р.В. Обзор методов оптимизации состава машин при строительстве автомобильных дорог // Бюллетень транспортной информации, 2019. № 5 (287). С. 14–17.
- [7] Никитин В.В., Брюховецкий А.Н., Скрыпников А.В., Высоцкая И.А., Сапелкин Р.С., Бондарев А.Б. Проектирование схем транспортного освоения лесных массивов с применением информационно-интеллектуальных систем // Автоматизация. Современные технологии, 2022. Т. 76. № 3. С. 130–134.
- [8] Никитин В.В., Скрыпников А.В., Козлов В.Г., Михайленко Е.В., Пильник Ю.Н., Козлов Д.Г., Сапелкин Р.С. Математическое обоснование влияния вида рубки главного пользования на удельные затраты // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 2. С. 110–119. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-2-110-119
- [9] Логойда В.С., Тихомиров П.В., Никитин В.В., Букреев В.Ю., Саблин С.Ю. Анализ точности индивидуального прогнозирования // Инновационные технологии и технические средства для АПК: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, Воронеж, 12–13 ноября 2019 г. Воронеж: Изд-во Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I, 2019. С. 330–335.
- [10] Томаев Б.М. Надежность строительного потока. М.: Стройиздат, 1983. 129 с.
- [11] Спектор М.Д. Современная теория землеустройства. М.: РосНОУ, 2019. 132 с.
- [12] Шкляров А.Ф. Надежность систем управления в строительстве. Л.: Стройиздат. 1974. 96 с.
- [13] Быстрянец Е.В. Исследование технологии экспертной оценки качества информационного обеспечения автомобильного транспорта // Автоматизация. Современные технологии, 2017. Т. 71. № 9. С. 429–432.
- [14] Вайнкоф П.Ф. Совершенствование и разработка методов обеспечения надежности календарных планов строительства. М.: Стройиздат, 1971. 125 с.
- [15] Канин А.П., Карай Н.А. Моделирование производственных процессов строительства и ремонта автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1990. 102 с.
- [16] Гусаков А.А. Организационно-технологическая надежность строительного производства (в условиях автоматизированных систем проектирования). М.: Стройиздат, 1974. 252 с.
- [17] Глинский Г.Я. Разработка метода проектирования производства годовой программы работ с учетом надежности: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Киев: Изд-во КАДИ, 1984. 23 с.
- [18] Бурмистров Д.В., Высоцкая И.А., Денисенко В.В., Брюховецкий А.Н., Никитин В.В. Характеристики вероятностных зависимостей и законы развития параметров модели организации и планирования ритмичного строительства лесовозных автомобильных дорог // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Материалы Междунар. науч.-практ. конф., Воронеж, 24–25 ноября 2020 г. Воронеж: Изд-во Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I, 2020. С. 281–285.
- [19] Кравченко В.Е., Самцов В.В., Тихомиров П.В., Никитин В.В., Болтнев Д.Е., Мацнев М.В. Анализ влияния погодноклиматических факторов на системы комплекса водитель — автомобиль — дорога — среда // Молодежный вектор развития аграрной науки. Воронеж: Изд-во Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I, 2019. С. 125–132
- [20] Золотарь И.А. Экономико-математические методы в дорожном строительстве. М.: Транспорт, 1974. 248 с.
- [21] Белецкий Б.Ф. Технология и механизация строительного производства. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 752 с.
- [22] Бойков В.Н., Федотов Г.А., Пуркин В.И. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог (на примере IndorCAD/Road). М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2005. 224 с.
- [23] Бурмистрова О.Н., Пильник Ю.Н., Сушков С.И. Проектирование лесных автомобильных дорог в системе CREDO ДОРОГИ. Ухта: Изд-во УГТУ, 2016. 103 с.
- [24] Дорохин С.В. Повышение эффективности автомобильных дорог лесного комплекса: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Москва, 2015. 40 с.
- [25] Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. М.: Транспорт, 2012. 424 с.
- [26] Козлов В.Г. Анализ существующих методов проектирования трассы лесных автомобильных дорог // Фундаментальные исследования, 2017. № 3. С. 35–39.
- [27] Чернышова Е.В. Алгоритм решения задачи оптимального трассирования лесовозной автомобильной дороги на неоднородной местности // Вестник ВГУИТ, 2017. Т. 79. № 2 (72). С. 113–120.
- [28] Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В. Совершенствование организации дорожного движения в транспортных системах лесного комплекса // Системы управления и информационные технологии, 2008. № 3.2(33). С. 272–275.
- [29] Прокопец В.С. Совершенствование методов оценки транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных автомобильных дорог: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Архангельск, 2022. 22 с.
- [30] Пуркин В.И. Основы автоматизированного проектирования автомобильных дорог. М.: Изд-во МАДИ, 2000. 141 с.
- [31] Berestnev O, Soliterman Y, Goman A Development of Scientific Bases of Forecasting and Reliability Increase of Mechanisms and Machines — One of the Key Problems of Engineering Science // Int. Symp. on History of Machines and Mechanisms Proceedings, 2000, pp. 325–332.

- [32] Высоцкая И.А., Зиновьев Д.А., Лотков М.А. Дискретная стохастическая задача управления запасами в рамках модернизации производства // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика, 2019. Т. 7. № 1 (44). С. 96-100.
- [33] Григорьев В.В., Сафиуллин Р.Р., Сафиуллина С.А. Оптимизация структуры организации грузовой работы // Транспорт Урала, 2005. № 2 (5). С. 23–26.
- [34] Skrypnikov A.V., Dorokhin S.V., Kozlov V.G., Chernyshova E.V. Mathematical Model of Statistical Identification of Car Transport Informational Provision // J. Engineering and Applied Sciences, 2017, v. 12, no. 2, pp. 511–515.
- [35] Kozlov V.G. Mathematical modeling of damage function when attacking file server // J. Physics: Conference Series, 2018, v. 1015, pp. 032–069.
- [36] Брехман А.И. Системотехнические основы организации труда строительных бригад. М.: Изд-во Фонда «Новое тысячелетие», 2002. 768 с.
- [37] Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. Л.: Стройиздат, 1990. 292 с.

Сведения об авторах

Высоцкая Ирина Алевтиновна — канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры информационной безопасности, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ»), i.a.trishina@gmail.com

Скрыпников Алексей Васильевич — д-р. тех. наук, профессор, декан факультета управления и информатики в технологических системах, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ»), skrypnikovvsafe@mail.ru

Боровлев Юрий Алексеевич — канд. тех. наук, соискатель кафедры информационной безопасности, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ»), borovlevAOI@mail.ru

Самцов Вадим Викторович — канд. тех. наук, соискатель кафедры информационной безопасности, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ»), Samcovv@mail.ru

Романов Павел Олегович — соискатель кафедры информационной безопасности, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ»), romanovpavel@rambler.ru

Поступила в редакцию 06.12.2023.

Одобрено после рецензирования 04.03.2024.

Принята к публикации 15.05.2024.

ORGANISATIONAL SYSTEMS RELIABILITY THEORY APPLICATION IN SOLVING PARTICULAR PROBLEMS OF DESIGNING MAIN TRUCK HAULROADS

I.A. Vysotskaya, A.V. Skrypnikov[✉], Y.A. Borovlev, V.V. Samtsov, P.O. Romanov

Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolyutsii av., 394036, Voronezh, Russia

skrypnikovvsafe@mail.ru

The analysis of the modern methods is carried out and the classification of particular tasks of construction organisation design is given. The understanding of the term ‘reliability’ within the framework of organisational system, particularly in construction production is considered. The analysis of reliability theory is carried out, four approaches to the study of organisational systems reliability are formulated. In each of the approaches the features and disadvantages of their use as a criterion of optimality or in constraints are highlighted. The conclusions about the concept of the organisational system reliability level in solving the problems of designing the main truck haulroads have been drawn.

Keywords: truck haulroads, construction, design, reliability theory

Suggested citation: Vysotskaya I.A., Skrypnikov A.V., Borovlev Yu.A., Samtsov V.V., Romanov P.O. *Primenenie teorii nadezhnosti organizatsionnykh sistem pri reshenii chastnykh zadach proektirovaniya organizatsii stroitel'stva magistral'nykh lesovoznykh avtomobil'nykh dorog* [Organisational systems reliability theory application in solving particular problems of designing main truck haulroads]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2024, vol. 28, no. 4, pp. 157–166. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-4-157-166

References

- [1] Kantor I.I. *Izyskanie i proektirovanie zheleznykh dorog* [Survey and design of railways] Moscow: Akademkniga, 2003, 288 p.
- [2] Optner S. *Sistemnyy analiz dlya resheniya delovykh i promyshlennykh problem* [System analysis for solving business and industrial problems]. Moscow: Sovetskoe radio, 1969, 216 p.

- [3] Isachenko A.G. *Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe rayonirovanie* [Landscape science and physical-geographical zoning]. Moscow: Vysshaya shkola, 1991, 366 p.
- [4] Bobrova T.V., Bedrin E.A., Dubenkov A.A. *Modelirovanie proektnykh resheniy zemlyanogo polotna v usloviyakh kriolitozony: monografiya* [Modeling design solutions for subgrades in cryolithozone conditions]. Omsk: SibADI, 2016, 164 p.
- [5] Boltnev D.E., Vysotskaya I.A., Skrypnikov A.V., Levushkin D.M., Mikova E.Yu., Tveritnev O.N. *Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti proektnykh resheniy avtomobil'nykh lesovoznykh dorog* [Assessing the economic efficiency of design solutions for automobile logging roads]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny* [Construction and road machines], 2021, no. 5, pp. 49–53.
- [6] Orlov A.O., Matsnev M.V., Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Mogutnov R.V. *Obzor metodov optimizatsii sostava mashin pri stroitel'stve avtomobil'nykh dorog* [Review of methods for optimizing the composition of vehicles during the construction of highways]. *Byulleten' transportnoy informatsii* [Bulletin of Transport Information], 2019, no. 5 (287), pp. 14–17.
- [7] Nikitin V.V., Bryukhovetskiy A.N., Skrypnikov A.V., Vysotskaya I.A., Sapelkin R.S., Bondarev A.B. *Proektirovanie skhem transportnogo osvoeniya lesnykh massivov s primeneniem informatsionno-intellektual'nykh sistem* [Designing schemes for transport development of forest areas using information and intelligent systems]. *Avtomatizatsiya. Sovremennye tekhnologii* [Automation. Modern technologies], 2022, v. 76, no. 3, pp. 130–134.
- [8] Nikitin V.V., Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Mikhailenko E.V., Pilnik Yu.N., Kozlov D.G., Sapelkin R.S. *Matematicheskoe obosnovanie vliyaniya vida rubki glavnogo pol'zovaniya na udel'nye zatraty* [Influence of final felling on costs per unit and its mathematical justification]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 2, pp. 110–119. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-2-110-119
- [9] Logoyda V.S., Tikhomirov P.V., Nikitin V.V., Bukreev V.Yu., Sablin S.Yu. *Analiz tochnosti individual'nogo prognozirovaniya* [Analysis of the accuracy of individual forecasting]. *Innovatsionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya APK: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchennykh i spetsialistov* [Innovative technologies and technical means for the agro-industrial complex: materials of the international scientific and practical conference of young scientists and specialists], Voronezh, November 12–13, 2019, pp. 330–335.
- [10] Tomaev B.M. *Nadezhnost' stroitel'nogo potoka* [Reliability of the construction flow]. Moscow: Stroyizdat, 1983, 129 p.
- [11] Spektor M.D. *Sovremennaya teoriya zemleustroystva* [Modern theory of land management]. Moscow: RosNOU, 2019, 132 p.
- [12] Shklyarov A.F. *Nadezhnost' sistem upravleniya v stroitel'stve* [Reliability of control systems in construction]. Leningrad: Stroyizdat, 1974, 96 p.
- [13] Bystryantsev E.V. *Issledovanie tekhnologii ekspertnoy otsenki kachestva informatsionnogo obespecheniya avtomobil'nogo transporta* [Study of technology for expert assessment of the quality of information support for road transport]. *Avtomatizatsiya. Sovremennye tekhnologii* [Automation. Modern technologies], 2017, v. 71, no. 9, pp. 429–432.
- [14] Vaynkof P.F. *Sovershenstvovanie i razrabotka metodov obespecheniya nadezhnosti kalendarnykh planov stroitel'stv* [Improvement and development of methods for ensuring the reliability of construction calendar plans]. Moscow: Stroyizdat, 1971, 125 p.
- [15] Kanin A.P., Karay H.A. *Modelirovanie proizvodstvennykh protsessov stroitel'stva i remonta avtomobil'nykh dorog* [Modeling of production processes for construction and repair of highways]. Moscow: Transport, 1990, 102 p.
- [16] Gusakov A.A. *Organizatsionno-tekhnologicheskaya nadezhnost' stroitel'nogo proizvodstva (v usloviyakh avtomatizirovannykh sistem proektirovaniya)* [Organizational and technological reliability of construction production (in the conditions of automated design systems)]. Moscow: Stroyizdat, 1974, 252 p.
- [17] Glinitskiy G.Ya. *Razrabotka metoda proektirovaniya proizvodstva godovoy programmy rabot s uchetom nadezhnosti* [Development of a method for designing the production of an annual work program taking into account reliability.]. Avtoref. Dis. Cand. Sci. (Tech.). Kiev, KADI, 1984, 23 p.
- [18] Burmistrov D.V., Vysotskaya I.A., Denisenko V.V., Bryukhovetskiy A.N., Nikitin V.V. *Kharakteristiki veroyatnostnykh zavisimostey i zakony razvitiya parametrov modeli organizatsii i planirovaniya ritmichnogo stroitel'stva lesovoznykh avtomobil'nykh dorog* [Characteristics of probabilistic dependencies and laws of development of the parameters of the model for organizing and planning the rhythmic construction of logging roads]. *Nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ikh resheniya. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Science and education at the present stage of development: experience, problems and ways to solve them. Proceedings of the international scientific and practical conference], Voronezh, November 24–25, 2020, 2020, pp. 281–285.
- [19] Kravchenko V.E., Samtsov V.V., Tikhomirov P.V., Nikitin V.V., Boltnev D.E., Matsnev M.V. *Analiz vliyaniya pogodno-klimaticheskikh faktorov na sistemy kompleksa voditel' — avtomobil' — doroga — sreda* [Analysis of the influence of weather and climate factors on the systems of the complex driver — car — road — environment]. *Molodezhnyy vektor razvitiya agrarnoy nauki* [Youth vector of development of agrarian science]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University, 2019, pp. 125–132.
- [20] Zolotar' I.A. *Ekonomiko-matematicheskie metody v dorozhnom stroitel'stve* [Economic and mathematical methods in road construction]. Moscow: Transport, 1974, 248 p.
- [21] Beletskiy B.F. *Tekhnologiya i mekhanizatsiya stroitel'nogo proizvodstva* [Technology and mechanization of construction production]. Sankt-Peterburg: Lan', 2021, 752 p.
- [22] Boykov V.N., Fedotov G.A., Purkin V.I. *Avtomatizirovannoe proektirovanie avtomobil'nykh dorog (na primere IndorCAD/Road)* [Automated design of highways (using the example of IndorCAD/Road)]. Moscow: MADI (GTU), 2005, 224 p.
- [23] Burmistrova O.N., Pil'nik Yu.N., Sushkov S.I. *Proektirovanie lesnykh avtomobil'nykh dorog v sisteme CREDO DOROGI* [Design of forest roads in the CREDO ROADS system]. Ukhta: UGTU, 2016, 103 p.
- [24] Dorokhin S.V. *Povyshenie effektivnosti avtomobil'nykh dorog lesnogo kompleksa* [Increasing the efficiency of forestry roads]. Avtoref. Dis. Dr. Sci. (Tech.). Mytishchi, 2015, 40 p.
- [25] Dryu D. *Teoriya transportnykh potokov i upravlenie imi* [Theory of traffic flows and their management]. Moscow: Transport, 2012, 424 p.
- [26] Kozlov V.G. *Analiz sushchestvuyushchikh metodov proektirovaniya trassy lesnykh avtomobil'nykh dorog* [Analysis of existing methods for designing forest highways]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], 2017, v. 3, pp. 35–39.
- [27] Chernyshova E.V. *Algoritm resheniya zadachi optimal'nogo trassirovaniya lesovoznoy avtomobil'noy dorogi na neodnorodnoy mestnosti* [Algorithm for solving the problem of optimal routing of a logging road on heterogeneous terrain]. *Vestnik VGUIT*, 2017, t. 79, no. 2 (72), pp. 113–120.

- [28] Kondrashova E.V., Skvortsova T.V. *Sovershenstvovanie organizatsii dorozhnogo dvizheniya v transportnykh sistemakh lesnogo kompleksa* [Improving the organization of road traffic in transport systems of the forestry complex]. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii* [Control systems and information technologies], 2008, no. 3.2(33), pp. 272–275.
- [29] Prokopets V.S. *Sovershenstvovanie metodov otsenki transportno-ekspluatatsionnykh kachestv lesovoznykh avtomobil'nykh dorog* [Improving methods for assessing the transport and operational qualities of logging roads] Avtoref. Dis. Cand. Sci. (Tech.). Arkhangel'sk, 2022, 22 p.
- [30] Purkin V.I. *Osnovy avtomatizirovannogo proektirovaniya avtomobil'nykh dorog* [Fundamentals of computer-aided highway design]. Moscow: MADI, 2000, 141 p.
- [31] Berestnev O, Soliterman Y, Goman A Development of Scientific Bases of Forecasting and Reliability Increase of Mechanisms and Machines — One of the Key Problems of Engineering Science. *Int. Symp. on History of Machines and Mechanisms Proceedings*, 2000, pp. 325–332.
- [32] Vysotskaya I.A., Zinov'ev D.A., Lotkov M.A. *Diskretnaya stokhasticheskaya zadacha upravleniya zapasami v ramkakh modernizatsii proizvodstva* [Discrete stochastic problem of inventory management within the framework of production modernization]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice], 2019, v. 7, no. 1(44), pp. 96–100.
- [33] Grigor'ev V.V., Safiullin R.R., Safiullina S.A. *Optimizatsiya struktury organizatsii gruzovoy raboty* [Optimization of the structure of organizing cargo work]. *Transport Urala* [Transport of the Urals], 2005, v. 2(5), pp. 23–26.
- [34] Skrypnikov A.V., Dorokhin S.V., Kozlov V.G., Chernyshova E.V. *Mathematical Model of Statistical Identification of Car Transport Informational Provision*. *J. Engineering and Applied Sciences*, 2017, v. 12, no. 2, pp. 511–515.
- [35] Kozlov V.G. *Mathematical modeling of damage function when attacking file server*. *J. Physics: Conference Series*, 2018, v. 1015, pp. 032–069.
- [36] Brehman A.I. *Sistemotekhnicheskie osnovy organizatsii truda stroitel'nykh brigad* [Systematic fundamentals of labor organization for construction crews]. Moscow: Novoe tysyacheletie, 2002, 768 p.
- [37] Afanas'ev V.A. *Potochnaya organizatsiya stroitel'stva* [Flow organization of construction]. Leningrad: Stroyizdat, 1990, 292 p.

Authors' information

Vysotskaya Irina Alevtinovna — Cand. Sci. (Phys.-Math), Associate Professor of the Department of Information Security, Voronezh State University of Engineering Technologies, i.a.trishina@gmail.com

Skrypnikov Aleksey Vasil'evich✉ — Dr. Sci. (Tech.), Professor, Dean of the Faculty of Management and Informatics in Technological Systems Voronezh State University of Engineering Technologies, skrypnikovvsafe@mail.ru

Borovlev Yuri Alekseevich — Cand. Sci. (Tech.), applicant of the Department of Information Security, Voronezh State University of Engineering Technologies, borovlevAOI@mail.ru

Samtsov Vadim Viktorovich — Cand. Sci. (Tech.), applicant of the Department of Information Security Voronezh State University of Engineering Technologies, Samcovv@mail.ru

Romanov Pavel Olegovich — Cand. Sci. (Tech.), applicant for the Department of Information Security, Voronezh State University of Engineering Technologies, romanovpavel@rambler.ru

Received 06.12.2023.

Approved after review 04.03.2024.

Accepted for publication 15.05.2024.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest