



## Пути повышения эффективности исследований по авариям сооружений из стали

© Татьяна Львовна Дмитриева<sup>1</sup>, Виктор Георгиевич Кудрин<sup>2</sup>,  
Сергей Владимирович Деордиев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

<sup>2</sup>Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Кудрин Виктор Георгиевич, [VKudrin@sfu-kras.ru](mailto:VKudrin@sfu-kras.ru)

**Аннотация.** Цель работы состоит в анализе исследований по изучению аварий зданий и сооружений (ЗиС). Установлено, что большая часть работ посвящена описанию обстоятельств конкретных аварий и реже выявлению их причин; чаще публикуются классификации причин аварий без раскрытия источников информации; нет исследований по оценке влияния на статистику аварий человеческого фактора, в частности ошибок в проектах, дефектов металлопроката, некачественного изготовления или монтажа, а также нарушений правил эксплуатации ЗиС; для анализа и обработки информации по авариям в большинстве источников применяются устаревшие методики. Для изменения создавшегося положения предложены меры организационно-методического плана. Обоснована необходимость использования системного подхода и метода контент-анализа для поиска и обработки информации. Выявлено, что условиями предотвращения аварий следует считать соблюдение требований надежности на этапах проектирования, возведения и эксплуатации, организацию и правильную постановку службы эксплуатации содержания конструкций, своевременное их освидетельствование, профилактический и капитальный ремонт. В связи с этим ставится вопрос о важности накопления статистических данных о повреждениях и авариях, сгруппированных по единой научно обоснованной методике. Выдвинуто предложение установить единую форму представления информации по авариям с ее размещением на веб-порталах в свободном доступе с целью постоянного пополнения.

**Ключевые слова:** здание, сооружение, авария, хрупкое разрушение, человеческий фактор, системный подход, контент-анализ

**Для цитирования:** Дмитриева Т. Л., Кудрин В. Г., Деордиев С. В. Пути повышения эффективности исследований по авариям сооружений из стали // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 1. С. 28–39. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-1-28-39>.

### Original article

## Approaches to enhancing the efficiency of research into accidents of steel structures

Tat'yana L. Dmitrieva<sup>1</sup>, Viktor G. Kudrin<sup>2</sup>, Sergei V. Deordiev<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

<sup>2</sup>Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Corresponding author: Viktor G. Kudrin, [VKudrin@sfu-kras.ru](mailto:VKudrin@sfu-kras.ru)

**Abstract.** This article reviews publications investigating accidents at buildings and civil engineering structures. According to the conducted analysis, such publications commonly describe the circumstances of specific accidents, rather than identify their causes. Classifications of accident causes are often published without disclosing the information sources. No publications have been found on assessing the impact of the human factor, including design errors, rolled metal defects, poor-quality manufacturing or installation, as well as violations of the operational rules. In the majority of publications, outdated methods are used for analysing and processing data on accidents. In order to improve

the current situation, organizational and methodological measures are proposed. The importance of using the methods of systems analysis and content analysis for searching and processing information is substantiated. It is shown that the main conditions for accident prevention involve strict compliance with reliability requirements at the design, constructional, and operational stages, organization of the maintenance service of structures, their timely inspection, as well as preventive and overhaul repairs. In this regard, the accumulation of statistical data on damages and accidents, grouped according to a unified scientifically-based methodology, appears to be of great importance. It is proposed to create a unified form for data representation on accidents that should be placed on web portals in open access for the purpose of its continuous replenishment.

**Keywords:** building, structures, accident, fragile destruction, human factor, systematic approach, content-analysis

**For citation:** Dmitrieva T. L., Kudrin V. G., Deordiev S. V. Approaches to enhancing the efficiency of research into accidents of steel structures. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(1):28-39. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-1-28-39>.

### Введение

В отечественной литературе достаточно много работ, анализирующих аварии зданий и сооружений (ЗиС), в том числе выполненных из стали. Данные источники – одна из составляющих для формирования и обновления нормативной базы системы мер обеспечения механической безопасности ЗиС на основе технических регламентов<sup>1</sup>, а также планируемых нормативных разработок по расчетам надежности и долговечности ЗиС<sup>2</sup>.

Цель и задачи данной статьи – выявление достоинств и недостатков такого рода работ, методик анализа и обработки информации, применяемых авторами, а также способов устранения несовершенств исследований по авариям.

Актуальность работы обеспечена отсутствием оценки такого плана в отечественной литературе.

### Анализ исследований по авариям

Известные обзоры и монографии [1–6] посвящены в основном разбору с той или иной степенью подробности обстоятельств конкретных аварий и выявлению их причин. В то же время в них классифицируются как аварии, так и их причины, чаще всего, в зависимости от вида ЗиС или конструкций, хронологии, нарушений технологии выполнения отдельных видов работ по их созданию или нормативов, актуальных на тот момент.

Например, в обзоре [1] отмечается, что обрушения стальных конструкций повторяются вследствие хрупкого разрушения металла,

обрушения силосов и силосных корпусов для хранения сыпучих тел из-за грубых дефектов производства работ и отступлений от проектов, обрушения сборных железобетонных и стальных несущих конструкций покрытий вследствие дефектов, допущенных при их изготовлении. Формами и видами отказов или переходов в предельное состояние также могут быть потеря устойчивости, чрезмерные деформации, коррозия, обрушение и другие.

По мнению авторов работы [2], «все аварии явились по существу результатом серьезных упущений и ошибок, допущенных инженерами и техниками, которые выполняли работы по созданию (проектированию, изготовлению и монтажу) стальных конструкций. Изучение аварий показало, что эти работники не всегда выполняют свои обязанности с полным знанием дела и сознанием той большой ответственности, которую они несут за надежность стальных конструкций».

Автор монографии [3] считает, что «непременными условиями предотвращения аварий следует считать проектирование, технологическое и эксплуатационное обеспечение требуемых характеристик надежности. Организация и правильная постановка службы эксплуатации содержания конструкций, своевременное их освидетельствование квалифицированными кадрами, профилактический и капитальный ремонт, усиление и сопутствующее ему регулирование напряжений представляют собой основные средства предотвращения аварий». Им же ставится

<sup>1</sup>О техническом регулировании: Федер. закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ;

Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федер. закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ.

<sup>2</sup>ГОСТ Р ИСО 2394-2016. Конструкции строительные. Основные принципы надежности: введ. 01.05.2017. М.: Стандартинформ, 2016.

вопрос о первостепенном значении «накопления статистических данных о повреждениях и авариях, сгруппированных по единой научно обоснованной методике».

Авторы обзора [4] отмечают, что случаи аварийного состояния и обрушения стальных конструкций в процессе строительства и эксплуатации являются «следствием ошибок в проектах, дефектов металлопроката, некачественного изготовления или монтажа, а также нарушения правил эксплуатации».

Иногда исследователи, как в работах [2, 3, 5, 6], выявляют физико-технические обстоятельства аварий. Например, в обзоре [4] выделяются как производственные, возникающие «от недостаточного технического надзора и контроля качества выполнения работ при изготовлении стали, конструкций, строительстве или эксплуатации, а также вследствие ошибок, допущенных при проектировании», так и технические причины возникновения аварий – «отдельные виды деформаций и разрушений элементов деталей».

Но в последние годы чаще всего приводятся классификации причин аварий, где авторы лишь ссылаются на имеющуюся в их распоряжении информацию без ее раскрытия или с частичным раскрытием либо на конкретные ранее вышедшие в свет источники. Примером могут послужить исследования [7–11].

Например, в статье [11] приводится достаточно интересная статистика об обрушениях зданий по стране в период с 2004 по 2014 годы, но нет ссылок на источники данной информации.

Новацией последних лет является также появление классификаций аварий с учетом степени тяжести последствий и уровня ущерба, как, например, в работе [12].

Но и эти публикации полезны, поскольку сигнализируют о том, что наличие установленных обстоятельств увеличивает вероятность несчастных случаев. Это, в свою очередь, позволяет «минимизировать количество несчастных случаев и тяжесть последствий» [13] путем подготовки общества как в психологическом смысле, так и в организационном и материальном плане.

Поскольку для сведения к минимуму числа несчастных случаев и тяжести последствий необходимо уменьшение повторяемости ошибок и предотвращение аналогичных несчастных случаев [13], работы [5, 6] являются более значимыми для практики. Они посвящены выявлению фундаментальных ошибок, допущенных в самих конструкциях и

при их реализации из-за недостаточного понимания условий на строительной площадке и неспособности предвидеть последствия таких ошибок [14].

Однако установлены лишь ошибки, влияющие на инициирование хрупкого разрушения. Так, в статье [5] показано, что при возникновении хрупких состояний наряду с ролью температурного фактора большое значение имеет характер нагружения конструкции. Хрупкие разрушения резервуаров и сосудов давления происходят при более высоких (примерно на 10 градусов) температурах, чем разрушения строительных конструкций, что обусловлено ролью абсолютных размеров.

В большинстве случаев хрупко разрушившиеся строительные конструкции были изготовлены из малоуглеродистой кипящей стали марки СтЗкп. Технологические дефекты и в первую очередь дефекты сварки играют особо важную роль при возникновении хрупких состояний.

В работах А. В. Сильвестрова [6] «статистически установлено, что с увеличением срока службы конструкций до разрушения вероятность последнего резко снижается, уровень номинальных напряжений в случае разрушения возрастает, а температура, при которой происходит разрушение элемента конструкции, снижается». Более того, за исключением единичных случаев, «инициирование хрупкого разрушения происходит в зонах их конструктивных и технологических несовершенств» (таблица), «именно конструктивная форма определяет, при прочих равных условиях, конечную хладостойкость элементов стальных конструкций» [6]. Под конструктивно-технологической формой низкой хладостойкости (КТФНХ) здесь подразумевается совокупность геометрии конструктивного решения элемента и технологических особенностей его изготовления и сварки.

Более хладостойки сплошностенчатые изгибаемые стержни (балки, прогоны), чем сквозные конструкции (фермы).

Недостатком обсуждаемых исследований является отсутствие данных о роли человеческого фактора [15] в возникновении аварий, например, при оценке влияния нарушений технологии выполнения определенных видов операций создания и эксплуатации ЗИС и нормативов. Здесь человеческий фактор – многозначный термин, описывающий возможность принятия человеком ошибочных или нелогичных решений в конкретных ситуациях. Изначально данное понятие использовалось в военном деле и авиации.

Позже начали оценивать его влияние на бизнес и управление. Термин «человеческий фактор» часто используется для объяснения причин катастроф и аварий, которые привели к потерям или человеческим жертвам.

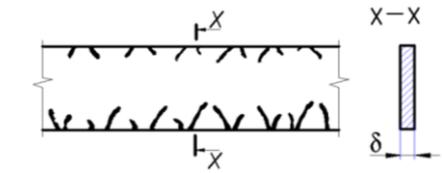
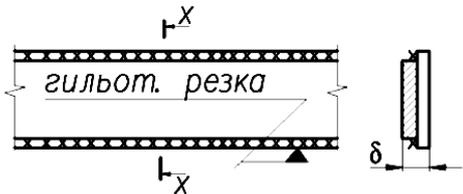
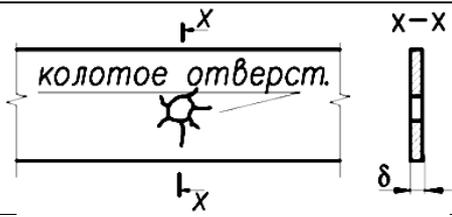
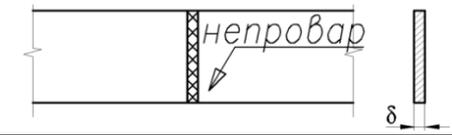
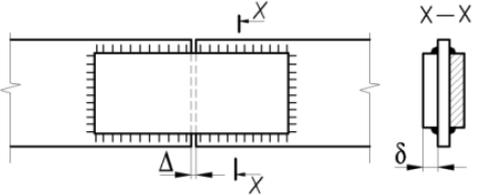
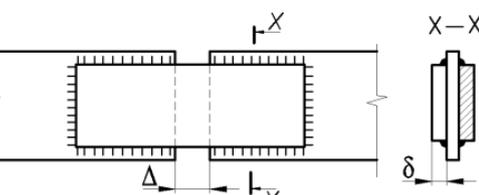
Качество и технологическая дисциплина в строительстве на сегодняшний день низкие. Корни этого, по мнению автора работы [16], уходят в те советские времена, когда качество рабочей силы никак не оценивалось, а интерес представляли валовые, количе-

ственные показатели в условиях дефицита. Не было цели строить хорошо, а потом ещё лучше. Невнимание к качеству было обусловлено застойной экономикой, неэффективной системой труда и тяжелыми условиями жизни. И параллельно происходили сдвиги в сознании и культуре, которые, в свою очередь, порождали пренебрежительное отношение к окружающей среде, к потребительским свойствам вещей и к собственности как таковой.

Конструктивно-технологические формы низкой хладостойкости  
 Structural and technological forms of low cold resistance

Тип	Модификация	Схема конструктивно-технологического решения и расположение расчетного сечения (x-x)	Классификационные признаки КТФНХ
А	1		Составное растянутое сечение с непроваром стыкового шва одного из элементов при наличии связующих угловых швов:  1) без изменения сечения; 2) с изменением сечения
	2		
Б	1		Приварка дополнительных элементов (фасонки, траверсы, ребра) к основному растянутому элементу: 1) по кромке основного элемента; 2) поперек основного элемента; 3) вдоль основного элемента без выхода на кромку
	2		
	3		
В	1		Фасонки ферм, стенки балок и листовых конструкций в зонах зазоров между приваренными к ним элементами различного назначения (опасность хрупкого разрушения возрастает с уменьшением зазора). $1 \Delta \approx 0; 2 \Delta \approx 2,0 \delta$

Окончание таблицы

Г	1		Растянутые элементы с кромками, образованными гильотинной резкой, или с продавленными отверстиями: 1) гильотинная резка кромок листовой стали; 2) гильотинная резка кромок листовой стали с продольными связующими сварными швами вблизи кромок; 3) пробивка отверстий
	2		
	3		
Д	1		Сварной многослойный стыковой шов с непроваром
Е	1		Стык растянутого элемента с накладками и фланговыми угловыми сварными швами: 1) зазор $\Delta \approx 0$ ; 2) зазор $\Delta \approx 2,0 \delta$
	2		

При переходе к рыночным отношениям к отмеченному добавилось изменение моральных ориентиров общества [17], особенно в строительстве и системе жилищно-коммунального хозяйства, куда пришли за быстрыми и большими деньгами новые «собственники». Недостаточно внимания уделялось развитию системы профессионального технического образования. Негативно сказывались такие черты российского менталитета, как следование чувствам, а не законам, и неприязнь к тем, кто управляет и отдает распоряжения. Кроме того, работа государственных правоохранительных органов была неудовлетворительной.

**Обсуждение методик исследований**

К недостаткам обсуждаемых работ следует отнести неодинаковые объемы информа-

ции, имеющейся в распоряжении исследователей, ее разноплановость, а также их недостаточная компетентность. Это оказывает существенное влияние на полученные выводы, сказывается на вскрытии характера и динамики изменения основных причин аварий. Например, авторы книги [2], рассмотрев материалы по 39 авариям, делают вывод, что «наиболее частыми причинами... являлись ошибки в чертежах КМ и КМД, низкое качество работ и упущения при монтаже конструкций, низкое качество их изготовления». А авторы работы [6], изучив данные об авариях на 236 объектах, утверждают, что наибольшее количество дефектов и повреждений, приводящих к авариям, конструкции получают на стадиях монтажа и эксплуатации (рис. 1).

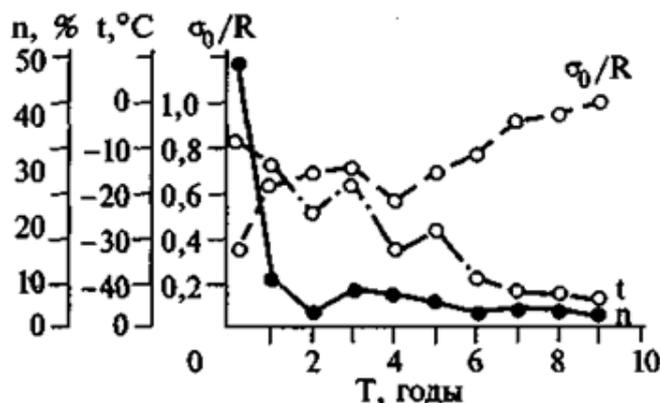
Авторы анализа [18] при расследовании причин аварий на 74 объектах со стальным каркасом и стальными несущими конструкционными элементами с 1981 по 2003 гг. выявили, что последние в основном происходят на эксплуатируемых зданиях и сооружениях.

Существенным недостатком обсуждаемых работ являются также устаревшие методы анализа и обработки информации, используемые исследователями.

Чаще всего они находят процент разрушенных конструкций от их общего числа или

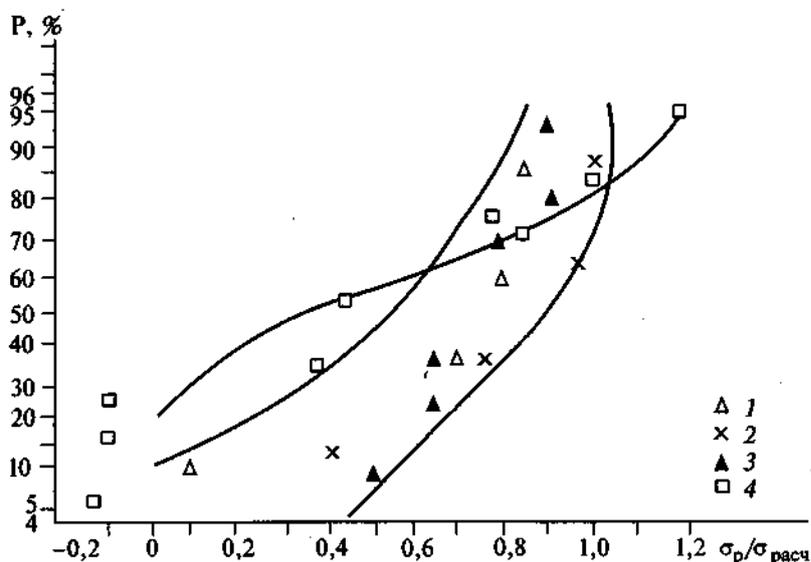
процент любого параметра в общем диапазоне, не принимая во внимание относительность его присутствия. Гораздо реже определяют вероятность наступления разрушения  $P$ , учитывая ее первоначальную величину, равную, например, 50 %. В источнике [5] используется соотношение  $P = (m - 0,5) / n \times 100 \%$ , где  $m$  – порядковый номер разрушения,  $n$  – общее количество разрушений (рис. 2).

Также редко вычисляют вероятность наступления разрушения, оценивая частоту аварий, как, например, в источнике [18].



**Рис. 1.** Влияние срока службы на температуру разрушения, интенсивность отказов и уровень номинальных напряжений, где  $n$  – интенсивность отказов

**Fig. 1.** The effect of the service life on the failure temperature, failure rate and the level of rated voltages, where  $m$  is the distribution of the thickness of structural elements;  $n$  is the failure rate



**Рис. 2.** Распределение вероятности разрушения строительных конструкций в зависимости от уровня напряжений:

1 – балки; 2 – эстакады; 3 – фермы; 4 – резервуары

**Fig. 2.** Distribution of the probability of destruction of building structures from the stress level:  
 1 – beams; 2 – trestles; 3 – trusses; 4 – tanks

Заметим, что в других отраслях, не связанных со строительством, как в России, так и за рубежом, существует множество других методов и инструментов для поиска и обработки информации. Например, широко используются системный подход [19] и метод контент-анализа [20].

Однако если необходимость использования системного подхода, хотя и на уровне декларирования, корифеями признается [13], то в плане его практического применения есть лишь отдельные попытки [12, 21].

Например, системный подход к анализу аварий был применен одним из авторов этой статьи более 30 лет назад [21]. В указанной работе, помимо выявления роли факторов, инициирующих хрупкое разрушение стальных строительных конструкций, и их иерархии, был определен характер взаимосвязей между ними, а также законы функционирования и взаимодействия всей данной системы в целом. Это позволило оценить значимость отдельных требований строительных норм и правил для предотвращения такого рода разрушений и определить модели конструктивных форм пониженной хладостойкости, являющихся перспективными для дальнейшего экспериментального изучения.

В работе [19] системный подход, включающий в себя: сбор и анализ информации о техническом состоянии и приемлемых рисках резервуарных парков (РП); разработку нормативных документов по промышленной безопасности РП; комплексную экспертизу промышленной безопасности (ЭПБ) РП; классификацию и категорирование РП по степени риска; электронную паспортизацию РП; создание базы данных РП; оптимизацию межремонтных сроков эксплуатации РП с перспективой перехода к эксплуатации по фактическому техническому состоянию; технические и организационные аспекты управления рисками и мониторинга технического состояния РП – применен для обеспечения промышленной безопасности резервуарных конструкций. Здесь же предложено бремя рисков аварий и финансовую ответственность за них переложить на страховые компании, которые, чтобы иметь свою прибыль, заинтересованы в поддержании промышленной безопасности застрахованного объекта на должном уровне.

Методика контент-анализа для изучения безопасности строительных объектов реализована также в единичных случаях. Например, в работе [22] представлены результаты анализа отдельных положений Технического регламента о безопасности зданий и соору-

жений – Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ – с позиций его применимости в судебной практике.

Объектом изучения являлись судебные решения, включенные в качестве дополнительных данных к ФЗ № 384 в информационный банк справочно-правовой системы (ИБ СПС) «Консультант Плюс». Т.е. единицами контент-анализа выступали части и статьи ФЗ № 384, а единицами счета – частота упоминаний выделенной смысловой единицы в системе «Консультант Плюс». Оценивались те единицы, в которых есть ссылки на статьи, связанные с обеспечением исключительно механической безопасности зданий и сооружений. При выделении статей учитывались сущность и направленность изложенных в них положений, не всегда совпадающих с их названием.

В результате было установлено, что, несмотря на несовершенство ФЗ № 384, он находит применение в судебной практике – положения его статей используются для установления *события* правонарушения, а также выявлена неравнозначность отдельных статей закона и определен их вклад в обеспечение безопасности отдельных этапов жизненного цикла строительных систем.

Для изменения создавшегося положения, по мнению авторов, целесообразно формирование общих баз информации по авариям для однородных ЗиС и отдельных конструкций, чтобы число единиц анализа и единиц счета было достаточным для проведения всестороннего изучения.

Необходимо собрать в них всю имеющуюся на сегодняшний день информацию, включая и ту, которая по разным мотивам была засекречена (для нее достаточно не указывать точное месторасположение объекта и конкретных виновников аварий).

В качестве ремарки отметим, что в России нет, и, в сущности, не было, *государственной* системы информирования об авариях с целью предотвращения их повторения.

Так, по данным [18], в бывшем СССР до 1981 года сведения об авариях, произошедших на территории страны, в официальной печати не публиковались. С 1981 года такие данные стали обобщаться Государственной строительной инспекцией Госстроя СССР, но для служебного пользования.

С 1993 по 2003 год учет аварий проводила Главная инспекция Госархстройнадзора России. Она же занималась и анализом материалов по их расследованию. С 2004 года эти функции переданы Федеральной службе

по экологическому, технологическому и атомному надзору. Однако результаты их работы не публикуются. Равно отсутствуют в открытой печати и полноценные анализы аварий, подобные проведенному в источнике [18].

С 2009 по 2016 годы и с 2009 по 2013 годы статистика аварий строительных объектов велась соответственно в электронном журнале «Предотвращение аварий зданий и сооружений» компании «ВЕЛД» и на сайте Национального объединения строителей. Но на сегодняшний день, по-видимому, и они такую работу прекратили.

Требуется зафиксировать единую форму представления такого рода информации (например, в виде формуляра, как предложено в работе [23]) для всех исследователей, что даст возможность производить обработку массивов информации на ЭВМ.

Целесообразно размещать такие формуляры на специализированных веб-порталах в свободном доступе с целью постоянного пополнения, что позволит отслеживать плагиат и получить действительную картину, не зависящую от предпочтений и интересов разных организаций и исследователей.

Примером такого подхода является опыт успешной и плодотворной работы специалистов общероссийского общественного фонда «Центр качества строительства», так как выполненный ими анализ аварий [18] на порядок качественнее, чем все предыдущие отчеты Госархстройнадзора РФ.

Следует также в полной мере освещать в открытой печати технические подробности аварий: с информацией о том, кто проводил расследование, причинами аварии и выводами комиссии; с указанием параметров конструктивно-технологического оформления разрушенных конструкций и выделением влияния именно «человеческого» фактора, т.е. ошибок людей.

Желательно создать и вести на постоянной основе (например, на специализированных веб-порталах типа *ramag.ru*) рубрику о работах зарубежных ученых по изучению аварий строительных объектов и вообще об исследованиях, связанных с этой тематикой, так как старшее поколение, не владеющее иностранными языками, не может ознакомиться с публикациями в иностранной печати, а молодое, в совершенстве ими владеющее, из-за недостаточной квалификации может не обратить внимания на ценные работы.

Нужно также разместить в свободном доступе цифровые версии ранее опубликованных (особенно в региональных периодических изданиях, сборниках трудов НИИ, вузов и проектных институтов и т. п.) статей и сообщений по авариям.

Такой обмен источниками информации широко практикуется на веб-портале *dwg.ru*. И это весьма полезно в связи с тем, что иные пути доступа к указанной литературе сейчас трудоемки и дорогостоящи.

Рекомендуем предоставлять доступ к указанной информации всем заинтересованным исследователям, а не ограниченному кругу лиц.

Кроме того, будет полезным обсуждать на тематических веб-форумах методики обработки информации по авариям.

### **Заключение**

Проведенное исследование позволило сформулировать следующие выводы:

1. Большая часть работ, анализирующих аварии ЗиС, посвящена описанию обстоятельств конкретных аварий и выявлению их причин. В последние годы чаще публикуются классификации причин аварий, основанные на ранее вышедших в свет источниках либо на имеющейся в распоряжении авторов информации, но без ее раскрытия.

2. Нет исследований по оценке влияния человеческого фактора на возникновение нарушений технологии при выполнении отдельных видов работ по созданию и эксплуатации ЗиС, а также нормативов.

3. Применяемые методики анализа и обработки информации устарели.

4. Для устранения несовершенств исследований аварий ЗиС целесообразно использовать следующие меры организационно-методического плана:

- при анализе аварий ЗиС обращать особое внимание на влияние *человеческого фактора* на их возникновение;

- зафиксировать единую форму представления информации по авариям с ее размещением на веб-порталах в свободном доступе с целью постоянного пополнения;

- создать и вести на интернет-портале на постоянной основе рубрику по изучению аварий строительных объектов, методике обработки информации по авариям, в особенности за рубежом;

- использовать для поиска и обработки информации системный подход и методики контент-анализа.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шкинёв А. Н. Аварии на строительных объектах, их причины и способы предупреждения и ликвидации. М.: Стройиздат, 1966. 308 с.
2. Беляев Б. И., Корниенко Д. С. Причины аварий стальных конструкций и способы их устранения. М.: Стройиздат, 1968. 206 с.
3. Лашенко М. Н. Аварии металлических конструкций зданий и сооружений. Л.: Стройиздат, 1969. 183 с.
4. Сахновский М. М., Титов А. М. Уроки аварий стальных конструкций. К.: Будівельник, 1969. 200 с.
5. Мельников Н. П., Винклер О. Н., Махутов Н. А. Условия и причины хрупких разрушений строительных стальных конструкций // ЦНИИПроектстальконструкция. Материалы по металлическим конструкциям. Вып. 16. М.: Изд-во литературы по строительству, 1972. С. 14–27.
6. Сильвестров А. В. Хладостойкость стальных конструкций // Бирюлёв В. В., Кошин И. И., Крылов И. И., Сильвестров А. В. Проектирование металлических конструкций: Спец. курс. Л.: Стройиздат, 1990. С. 199–211.
7. Беляев Б. Ф., Гимаев Г. А. О технических причинах аварий и повреждений строительных металлоконструкций промышленных зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2002. № 6. С. 20–21.
8. Тавкин А. А. Основные причины аварий зданий и сооружений [Электронный ресурс] // Предотвращение аварий зданий и сооружений: электронный журнал. URL: <http://www.pamag.ru/prensa/prichina-avarii> (04.03.2021).
9. Четверик Н. П. Аварии и происшествия на строительных объектах – доколь? [Электронный ресурс] // Предотвращение аварий зданий и сооружений: электронный журнал. URL: [https://pamag.ru/prensa/accidents\\_construction-sites](https://pamag.ru/prensa/accidents_construction-sites) (04.03.2021).
10. Шишкина Н. А. Отношение общественности к эксплуатируемым строительным объектам [Электронный ресурс] // Предотвращение аварий зданий и сооружений: монография / под ред. К. И. Ерёмина. С. 7–18. URL: [http://pamag.ru/src/predotvrashenie-avarii\\_sdanii/predotvrashenie-avarii\\_sdanii.pdf](http://pamag.ru/src/predotvrashenie-avarii_sdanii/predotvrashenie-avarii_sdanii.pdf) (04.03.2021).
11. Травуш В. И., Емельянов С. Г., Колчунов В. И. Безопасность среды жизнедеятельности – смысл и задача строительной науки // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 7. С. 20–27.
12. Ханухов Х. М., Алипов А. В. Нормативно-техническое и организационное обеспечение безопасной эксплуатации резервуарных конструкций [Электронный ресурс] // Предотвращение аварий зданий и сооружений: электронный журнал. URL: <http://www.pamag.ru/src/ntoo-berk/ntoo-berk.pdf> (04.03.2021).
13. Пономарев В. Н., Травуш В. И., Бондаренко В. М., Еремин К. И. О необходимости системного подхода к научным исследованиям в области комплексной безопасности и предотвращения аварий зданий и сооружений [Электронный ресурс] // Предотвращение аварий зданий и сооружений: электронный журнал. URL: [http://www.pamag.ru/prensa/necessiy\\_sys-appro](http://www.pamag.ru/prensa/necessiy_sys-appro) (04.03.2021).
14. Уайт Б. Предисловие к английскому изданию // Хэммонд Р. Аварии зданий и сооружений: причины и уроки аварий современных сооружений различных типов / пер. с англ. М.: Стройиздат, 1960. С. 10.
15. Salvendy G. (eds.). Handbook of human factors and ergonomics. 4<sup>th</sup> ed. John Wiley & Sons, 2012. 1732 p.
16. Боков А. В. Культура строительства невозможна без строительства культуры // Строительный эксперт: информационная отраслевая газета. 2008. № 22 (281). С. 1–2.
17. Трунов И. Л. Безопасность строительства в России [Электронный ресурс] // Право и безопасность. 2008. № 2 (27). URL: [http://dpr.ru/pravo/pravo\\_23\\_13.htm](http://dpr.ru/pravo/pravo_23_13.htm) (04.03.2021).
18. Аварии зданий и сооружений на территории Российской Федерации в 2003 году [Электронный ресурс] / Общероссийский общественный фонд «Центр качества строительства». М., 2004. URL: <http://www.gosthelp.ru/text/Avariizdaniijisooruzhenijn.html> (04.03.2021).
19. Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г. Системный подход в современной науке // Проблемы методологии системных исследований. М.: Мысль, 1970. С. 7–48.
20. Holsti O. R. Content analysis for the social sciences and humanities. Reading, Mass, Addison-Wesley Pub., 1969. 235 p.
21. Сильвестров А. В., Кудрин В. Г. Оценка значимости нормативных требований по предотвращению хрупкого разрушения стальных строительных конструкций с позиций системного подхода // Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. 1985. № 2. С. 121–125.

22. Москвичев В. В., Кудрин В. Г., Деордиев С. В., Петухова И. Я. Технический регламент о безопасности сооружений: судебная практика // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2019. № 2. С. 4–10.

23. Крылов И. И., Шевцов Ю. П. Классификация причин отказов стальных конструкций производственных зданий и сооружений // Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. 1983. № 11. С. 16–19.

## REFERENCES

1. Shkinev AN. Accidents on construction objects, their causes and methods of prevention and elimination. Moscow: Stroizdat; 1966. 308 p. (In Russ.).
2. Belyaev BI, Kornienko DS. Causes of accidents of steel structures and ways to eliminate them. Moscow: Stroizdat; 1968. 206 p. (In Russ.).
3. Lashenko MN. Accidents of metal structures of buildings. Leningrad: Stroizdat; 1969. 183 p. (In Russ.).
4. Sakhnovskii MM, Titov AM. Lessons of the accidents of steel structures. Kiev: Budivelnik; 1969. 200 p. (In Russ.).
5. Melnikov NP, Vinkler ON, Makhutov NA. Conditions and causes of brittle destruction of building steel structures. *TsNIIProektstal'konstruktsiya. Materialy po metallicheskim konstruktsiyam*. 1972;16:14-27. (In Russ.).
6. Silvestrov AV. Cold resistance of steel structures. *Proektirovanie metallicheskih konstrukcij: Spec. kurs*. Leningrad: Stroizdat; 1990. p. 199-211. (In Russ.).
7. Belyaev BF, Gimaev GA. On technical causes of accidents and damages to metal structures of industrial buildings. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo = Industrial and civil engineering*. 2002;6:20-21. (In Russ.).
8. Tavkin AA. The main causes of failures of buildings and structures. *Predotvrashchenie аварии zdaniy i sooruzhenii: elektronnyi zhurnal*. Available from: <http://www.pamag.ru/pressa/prichina-avarii> [Accessed 20th January 2021]. (In Russ.).
9. Chetverik NP. Accidents and incidents at construction sites – how long? *Predotvrashchenie аварии zdaniy i sooruzhenii: elektronnyi zhurnal*. Available from: [https://pamag.ru/pressa/accidents\\_construction-sites](https://pamag.ru/pressa/accidents_construction-sites) [Accessed 20 January 2021]. (In Russ.).
10. Shishkina NA. Public attitude to operated construction objects. *Predotvrashchenie аварии zdaniy i sooruzhenii: monograph*. Available from: [http://pamag.ru/src/predotvrashenie-avarii\\_sdanii/predotvrashenie-avarii\\_sdanii.pdf](http://pamag.ru/src/predotvrashenie-avarii_sdanii/predotvrashenie-avarii_sdanii.pdf) [Accessed 20th January 2021]. (In Russ.).
11. Travush VI, Emelyanov SG, Kolchunov VI. The safety of living environment - meaning and

- task of building science. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo = Industrial and civil engineering*. 2015;7:20-27. (In Russ.).
12. Knanukhov KhM, Alipov AV. Normative-technical and organizational provision of safe maintenance of tank structures. *Predotvrashchenie аварии zdaniy i sooruzhenii: elektronnyi zhurnal*. Available from: <http://www.pamag.ru/src/ntoo-berk/ntoo-berk.pdf> [Accessed 20th January 2021]. (In Russ.).
13. Ponomarev VN, Travush VI, Bondarenko VM, Eremin KI. On the need for a systematic approach to research in the field of integrated safety and prevention of accidents of buildings and structures. *Predotvrashchenie аварии zdaniy i sooruzhenii: elektronnyi zhurnal*. Available from: [http://www.pamag.ru/pressa/necessiy\\_sys-appro](http://www.pamag.ru/pressa/necessiy_sys-appro) [Accessed 20 Jan 2021]. (In Russ.).
14. White B. Preface to the English edition. *Hammond R. Engineering structural failures*. Moscow: Stroizdat; 1960. p. 10. (In Russ.).
15. Salvendy G. (eds.). Handbook of human factors and ergonomics. 4<sup>th</sup> ed. John Wiley & Sons, 2012. 1732 p.
16. Bokov AV. Culture of construction is impossible without culture building. *Stroitel'nyi ekspert: informatsionnaya otraslevaya gazeta*. 2008. No. 22 (281). p. 1-2. (In Russ.).
17. Trunov IL. Safety of construction in Russia. *Pravo i bezopasnost'*. 2008. No. 2 (27). Available from: [http://dpr.ru/pravo/pravo\\_23\\_13.htm](http://dpr.ru/pravo/pravo_23_13.htm) [Accessed 04th March 2021]. (In Russ.).
18. Accidents of buildings and structures on the territory of the Russian Federation in 2003. Moscow, 2004. Available from: <http://www.gosthelp.ru/text/Avariizdaniijisooruzhenii.html> [Accessed 20 January 2021]. (In Russ.).
19. Blauberg IV, Sadovsky VN, Yudin EG. System approach in modern science. *Problems of methodology of system research*. Moscow: Mysl; 1970. p. 7-48. (In Russ.).
20. Holsti OR. Content analysis for the social sciences and humanities. Reading, Mass, Addison-Wesley Pub.; 1969. 235 p.
21. Silvestrov AV, Kudrin VG. Assessment of the significance of regulatory requirements to prevent brittle destruction of steel brittle struc-

tures from the standpoint of a systematic approach. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 1985;2:121-125. (In Russ.).

22. Moskvichev VV, Kudrin VG, Deordiev SV, Petuchova IYa. Technical regulations on safety of structures: judicial practice. *Problemy bezopasnosti i chrezvychainykh situatsii = Safety*

*and emergencies problems*. 2019;2:4-10. (In Russ.).

23. Krylov II, Shevtsov YP. Classification of causes for failures of steel structures of industrial buildings. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 1983;11:16-19. (In Russ.).

### **Информация об авторах**

#### **Т. Л. Дмитриева,**

доктор технических наук,  
доцент, заведующий кафедрой механики  
и сопротивления материалов,  
Иркутский национальный исследовательский  
технический университет,  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,  
Россия,  
e-mail: dmital@istu.edu, tmsm@istu.edu  
<https://orcid.org/0000-0002-4622-9025>

#### **В. Г. Кудрин,**

кандидат технических наук, доцент кафедры  
строительных конструкций и управляемых  
систем,  
Сибирский федеральный университет,  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а,  
Россия,  
e-mail: VKudrin@sfu-kras.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2464-5797>

#### **С. В. Деордиев,**

кандидат технических наук, доцент кафедры  
строительных конструкций и управляемых  
систем,  
Сибирский федеральный университет,  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а,  
Россия,  
e-mail: SDeordiev@sfu-kras.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2026-820X>

### **Вклад авторов**

Дмитриева Т. Л., Кудрин В. Г., Деордиев С. В.  
имеют равные авторские права. Кудрин В. Г.  
несет ответственность за плагиат.

### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта  
интересов.

Все авторы прочитали и одобрили  
окончательный вариант рукописи.

### **Information about the authors**

#### **Tat'yana L. Dmitrieva,**

Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor,  
Head of the Department of Mechanics  
and Resistance of Materials,  
Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,  
e-mail: dmital@istu.edu, tmsm@istu.edu  
<https://orcid.org/0000-0002-4622-9025>

#### **Viktor G. Kudrin,**

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor  
of Departments of Building Structures  
and Controlled Systems,  
Siberian Federal University,  
82A Svobodnyy Av., Krasnoyarsk, 660041,  
Russia,  
e-mail: VKudrin@sfu-kras.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2464-5797>

#### **Sergei V. Deordiev,**

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor  
Of Departments of Building Structures  
and Controlled Systems,  
Siberian Federal University,  
82A Svobodnyy Av., Krasnoyarsk, 660041,  
Russia,  
e-mail: SDeordiev@sfu-kras.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2026-820X>

### **Contribution of the authors**

Dmitrieva T. L., Kudrin V. G., Deordiev S. V.  
have equal author's rights. Kudrin V. G. bears  
the responsibility for plagiarism.

### **Conflict of interests**

The authors declare no conflict of interests  
regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and  
approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 12.01.2022.  
Одобрена после рецензирования 10.02.2022.  
Принята к публикации 11.02.2022.

The article was submitted 12.01.2022.  
Approved after reviewing 10.02.2022.  
Accepted for publication 11.02.2022.