

На правах рукописи



ШАРМАНОВ Владимир Владимирович

**МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА УРОВНЯ ОХРАНЫ ТРУДА
СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ
КОМПЛЕКСА СРЕДСТВ ВИМ-ТЕХНОЛОГИИ**

05.26.01 – Охрана труда (строительство)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Волгоград – 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
СИМАНКИНА Татьяна Леонидовна

Официальные оппоненты: **ШКРАБАК Владимир Степанович**
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный аграрный университет»,
профессор кафедры «Безопасность
технологических процессов и производств»

СТАСЕВА Елена Владимировна
кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Донской государственный
технический университет», доцент кафедры
«Безопасность технологических процессов и
производств»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»,
г. Комсомольск-на-Амуре

Защита состоится «11» марта 2020 г. в 13-00 на заседании диссертационного совета Д 212.028.09 созданного на базе Волгоградского государственного технического университета по адресу: 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, ауд. Б-203.

С диссертацией можно ознакомиться в информационно–библиотечном центре и на сайте Волгоградского государственного технического университета www.vstu.ru.

Автореферат разослан « ____ » _____ 20__ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Жукова Наталия Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Высокий уровень травматизма в строительной отрасли вызывает необходимость совершенствования подходов, обеспечивающих высокоэффективную охрану труда.

Внедрение современных технологий и повышение энергетического, материально-экономического, информационного потенциала строительного производства требует применение новых более полных и точных систем, позволяющих оценить производственный травматизм от влияния различных опасных и вредных производственных факторов, возникающих на строительной площадке.

Ужесточение требований к безопасности строительства вынуждает производителей обращать внимание на инновации не только в технологические процессы, но и в новые методы контроля и оценки уровня охраны труда. Надлежащее обеспечение уровня охраны труда влияет на экономические и репутационные показатели компании, в то время как низкий уровень условий труда негативно воздействует на рынок труда в целом, что выражается в высокой текучести и нехватке рабочей силы, вредными и опасными условиями труда и т.д.

Учитывая этот факт, а также развитие информационных технологий Правительство России приняло ряд нормативных документов, в частности, СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла», где в п. 5.6.5 обозначены элементы контроля безопасности на строительных площадках. Таким образом, государство предлагает по-новому взглянуть на контроль уровня безопасности на строительных площадках с использованием современных информационных технологий.

Одним из видов инновационных технологий является BIM-технология (англ. *Building Information Modeling* – информационная модель зданий и сооружений) – процесс коллективного создания и использования информации проекта (модели) будущего сооружения. Данная технология является универсальной информационной платформой, которая позволяет интегрировать различные программные модули в 3D-модель инвестиционно-строительного проекта. Благодаря такому подходу, появилась возможность оцифровки строительного производства при контроле охраны труда с применением риск-ориентированного подхода.

Степень разработанности темы исследования. В основу настоящего исследования положены труды современных отечественных и зарубежных ученых, работающих над проблемами оценки охраны труда и техники безопасности, а также занимающихся внедрением современных

информационных технологий, таких как: Ройка В.Д., Максимов В.С., Никулин А.Н, Шкрабак В.С., Азаров В.Н, Рудаков М.Л, Левашов С.П., Миллерман А.С, Морозова Т.Ф., Алибекова И.В., Чак Истман, Роберт Эйш, Степанова И.П., Сидоров А.Г., Пулатова А.В., Талапов В.В, А. Осипов, А. Семин, А. Шахраманьян, А. Маркарян, Д. Кудасов, Д. Полковников, И. Рогачев, И. Емельянов, К. Тев, М. Голод, П. Манин, Раймонд Фадель, Р. Митин, С. Макаров и др.

Цель исследования заключается в разработке методики мониторинга и оценки безопасности строительного производства с привлечением комплекса средств BIM-технологии при оцифровке основных опасных и вредных производственных факторов по видам строительно-монтажных работ согласно МДС 12-28.2006 «Методическое руководство по проведению экспертной оценки безопасности нестационарных рабочих мест на строительных местах» и модернизации метода Файна-Кинни для оценки возникающих рисков.

Задачи исследования:

1. Исследовать современное состояние практики и научно-методического обеспечения охраны труда и техники безопасности в строительстве;
2. Исследовать перспективы использования bim-технологии для повышения уровня охраны труда в строительстве;
3. Разработать научно-практическую методику мониторинга и оценки безопасности строительного производства с привлечением комплекса средств bim-технологии на основе оцифровки опасных и вредных производственных факторов по видам строительно-монтажных работ;
4. Разработать риск-ориентированный подход к оценке производственного травматизма в строительстве.

Объектом исследования является степень безопасности строительного производства

Предмет исследования – методы оценки влияния опасных и вредных производственных факторов на степень безопасности строительного производства.

Научная новизна исследования состоит в следующем:

1. Разработана методика мониторинга и оценки безопасности строительного производства с привлечением комплекса средств BIM-технологии с оцифровкой опасных и вредных производственных факторов по видам строительно-монтажных работ.
2. Разработан классификатор оценки условий труда с учетом МДС 12-28.2006, позволяющий производить ранжирование опасных производственных факторов, а также определены граничные значения их влияния по всем видам СМР.

3. Усовершенствована риск-ориентированная система по контролю и оценке уровня производственного травматизма в строительстве на основе модернизированного метода Файна-Кинни и матрично-индексного подхода.

4. Введено понятие индекса безопасности строительства как интегрально-дифференциального показателя, характеризующего не только общее состояние уровня безопасности и охраны труда, но и степень опасности производственных процессов на строительной площадке.

5. На основе математических моделей разработана методика оценки безопасности эксплуатации башенных кранов, влияющей на уровень охраны труда.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в возможности мониторинга, контроля и оценки степени безопасности строительного производства с привлечением комплекса средств BIM-технологии, при этом результаты работы могут быть использованы при оценке охраны труда на строительных площадках, как индикатор рискованного состояния проверяемого объекта, что в свою очередь может послужить информацией для проверяющих служб, контроля и оценки степени безопасности строительного производства, а также для предотвращения несчастных случаев.

Методы исследования. В работе использовались методы оценки влияния опасных и вредных производственных факторов на степень безопасности строительного производства, включающие в себя методы математического моделирования, информационного моделирования с применением платформы Revit компании Autodesk. Для создания 3D-образов использован программный продукт Autodesk Navisworks Simulate. Однако, Autodesk Navisworks Simulate не предназначен для проведения анализа уровня безопасности и охраны труда, поэтому дополнительно была разработана программа «Сателлит», позволяющая обрабатывать вносимые данные, согласно заложенному в неё алгоритму. В работе также применены методы оцифровки различных объектов, опасных и вредных производственных факторов.

Область исследования соответствует паспорту научной специальности 05.26.01 «Охрана труда (строительство)», а именно п. 3 «Разработка методов контроля, оценки и нормирования опасных и вредных факторов производства, способов и средств защиты от них», п. 4 «Разработка систем и методов мониторинга – опасных и вредных производственных факторов, автоматизированных систем сигнализации об опасностях», п. 9 «Изучение эффективности реализации систем управления и организации охраны труда на предприятиях и по отраслям, разработка информационных систем для сбора оперативной информации по аварийности, травматизму и проф. заболеваемости».

Положения, выносимые на защиту:

1. Методика мониторинга и оценки степени безопасности строительного производства с привлечением комплекса средств ВМ-технологии с оцифровкой опасных и вредных производственных факторов по видам строительного-монтажных работ.

2. Индекс безопасности строительства – как интегрально-дифференциальный обобщающий показатель, характеризующий не только общее состояние уровня безопасности на основе травматизма, но и степень опасности производственных процессов на строительной площадке на основе классификатора оценки условий труда и профессионального риска с учетом МДС 12-28.2006.

3. Методика оценки безопасности эксплуатации башенных кранов, влияющей на уровень охраны труда, на основе информационной модели.

4. Усовершенствованная риск-ориентированная система по контролю и оценке уровня производственного травматизма в строительстве на основе модернизированного метода Файна-Кинни и матрично-индексного подхода

Достоверность и обоснованность научных положений базируется на использовании обоснованных исследований современных российских и зарубежных ученых, на анализе статистических данных о состоянии охраны труда в строительном производстве, на основе проверки работоспособности методики в производственных условиях, а также применении современных методов математического анализа с использованием передового программного обеспечения.

Апробация. Основные теоретические положения и промежуточные выводы диссертационной работы были представлены на: Научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности «ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ ВЕСНА – 2016», г. Комсомольск-на-Амуре. (2016г.); IX Петербургском международном инновационном форуме (2016г.); III Международной научно-практической конференции «Безопасность в строительстве» СПбГАСУ (2017г.); XXI межвузовской научно-практической конференции «Современные направления развития технологии, организации и экономики строительства» ВИТУ, г. Санкт-Петербург (2018г.); Всероссийской научно-практической конференции «Современные технологии управления проектами в строительстве» СПбГАСУ (2019г.); расширенном заседании кафедры «Техносферная и экологическая безопасность» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (2019г.).

Основные алгоритмы и методики апробированы в строительной компании ООО «НТЦ-Эталон», г. Санкт-Петербург, входящей в холдинг Etalon Group при

строительстве объектов; организацией представлен акт о внедрении научных результатов.

Личный вклад автора заключается в создании методики мониторинга и оценки степени безопасности строительного производства с привлечением комплекса средств BIM-технологии, позволяющей оцифровывать различные объекты, а также опасные и вредные производственные факторы; апробации методики в производственных условиях; модернизации метода Файна-Кинни.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 печатных работ, в том числе: 2 статьи, индексируемые в международных базах «Scopus» и «Web of Science», 4 статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, 7 – в изданиях, индексируемых РИНЦ.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация изложена на 140 страницах печатного текста, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 155 источников, и 4 приложений на четырёх страницах. В работе представлено 33 рисунка, 13 таблиц и 40 формул.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведено исследование состояния практики и научно-методического обеспечения охраны труда в строительстве. Представленные системы и методы по оценке влияния опасных и вредных производственных факторов, а также рисков на работника (таблица 1), в большинстве случаев являются ограниченными по площади проверки, и статичными по отношению к динамическому строительному процессу.

Таблица 1 – Оценка системы управления рисками по охране труда

№ п/п	Системы и методы	Количественная оценка	Простота	Информативность	Возможность отслеживать в динамике трудового процесса
1	2	3	4	5	6
1	СОУТ – специальная оценка условий труда	+	–	+	–
2	ГОСТ Р 12.0.010–2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ)	+	–	+	–

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
3	РОП – риск-ориентированный подход.	–	+	+	–
4	Система Элмери или TR-барометр	+	+	–	+
5	«Индекс ОВР»	+	–	+	–
6	Метод Файна-Кинни	+	+	+	+
7	«Норвежская Истина»	+	–	+	–
8	ЗАО «Клининский институт охраны и условий труда»	+	–	+	–
9	Оценка рисков на рабочем месте Мерви Муртонен	–	+	+	–
10	Белорусский метод оценки профессиональных рисков на рабочих местах.	+	–	–	–
11	Украинский метод. Оценка охраны труда по методике Керб Р.П.	+	–	–	–
12	Украинский метод. Методика профессора Гандзюка М.П.	+	–	+	–
13	Методика оценки социально-экономического состояния ОТ	+	–	+	–

Анализ методик показал, что метод Файн-Кинни удовлетворяет всем критериям системы контроля и управления риском по охране труда.

В ходе исследования рассмотрены перспективы применения ВМ-технологии для повышения уровня безопасности и охраны труда, которая может выступать элементом накопления, оперативной обработки и передачи большого массива информации при сплошном мониторинге проверяемого объекта, а также служит навигацией на проверяемом объекте.

Во второй главе дана оценка влияния опасных и вредных производственных факторов (ОиВПФ) на виды строительно-монтажных работ согласно МДС 12-28.2006 «Методическое руководство по проведению экспертной оценки безопасности нестационарных рабочих мест на строительных местах», на основании которой разработан классификатор оценки условий труда. Получен *Индекс безопасности строительства (ИБС)*, характеризующий не только общее состояние уровня безопасности на основе травматизма, но и степень опасности производственных процессов на строительной площадке.

Разработан алгоритм системы мониторинга уровня безопасности и охраны труда с применением ВМ-технологии, для реализации которого была внедрена

программа «Сателлит», позволяющая обрабатывать вносимые данные согласно заложенному в неё алгоритму.

Определены ключевые критерии контроля, которые бы удовлетворяли максимальному количеству технологических процессов, происходящих на строительной площадке, где проверяется влияние ОиВПФ на человека и окружающую среду:

1. Наличие опасных технологических процессов выполнения строительно-монтажных работ (технологический процесс);
2. Наличие незащищенных участков (возможность падения), влияющих на травмоопасность на объекте (перепады по высоте);
3. Опасное технологическое оборудование, применяемое в работе (технологическое оборудование, как механическое, так и пневматическое);
4. Наличие нарушений по электрике (электрохозяйство);
5. Захламление строительной площадки (мусор);
6. Человеческий фактор.

За площадь контроля (элементарный участок) принята площадь в 100м² или одно жилое помещение.

Информация по обходу (состояние ключевых критериев контроля) заносится в карточки учета, каждая из которых имеет свой идентификационный номер (*ID*-код). При этом программный комплекс сам определяет расположение инспектора в пространстве по *GPS* навигации. В программе «Сателлит» есть возможность произвести фотосъемку выявленного нарушения и прикрепить к карточке учета, на которой была произведена съемка, при этом фотография получает такой же *ID*-код, что и карточка учета. В результате выгрузки данных «Сателлит» вычисляет ИБС, по результатам которого можно видеть: в каком классе условий труда находится проверяемый объект, какому уровню безопасности и охраны труда соответствует, по каким направлениям идет ослабление позиций, что позволяет своевременно предупредить возникновение нежелательных событий.

В ходе исследования предложен матрично-индексный подход, математическое описание которого подразумевает оценку влияния риска на работника в зависимости от временной продолжительности работ, количества работающих, вероятности возникновения опасного фактора, степени его влияния. Данный подход является универсальным и может применяться для контроля расходования средств на мероприятия по обеспечению безопасных условий труда. В общем виде матрично-индексный подход можно отобразить как:

$$I_{\text{т}} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^3 P_i(S_j) * \mu_i(S_j), \quad (1)$$

где I_T – индекс травматизма; P_i – частота возникновения воздействия опасностей; S_j – исход события; $j = 1, 2, 3$ – возможное число исходов (S_1 – смертельный случай, S_2 – тяжелая травма, S_3 – легкая травма); μ_i – величины ущерба от воздействия этих опасностей; $i = 1, \dots, k$ – число проверяемых строительных площадок.

Матрично-индексный подход может работать с любым количеством видов опасностей и любым количеством вариантов развития событий ущерба.

В третьей главе дается оценка условиям труда и профессиональному риску на основе индекса безопасности строительства. Для уменьшения травматизма в условиях строительной площадки необходимо оптимизировать коммуникационные связи между всеми участниками проекта (рисунок 1).

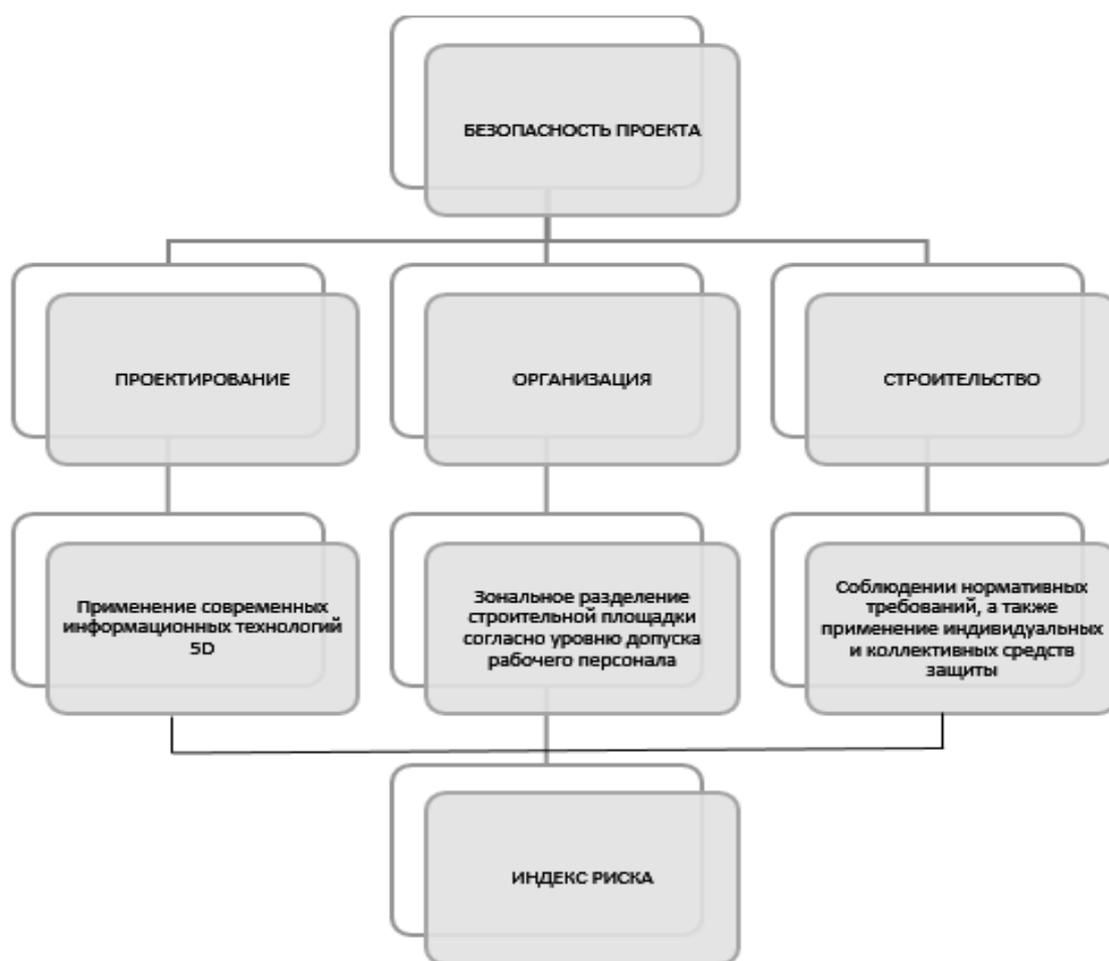


Рисунок 1 – Схема распределения ответственности за безопасное строительное производство на каждом из пути реализации проекта

Систематический мониторинг, с применением BIM-технологии и вычислением ИБС позволяет контролировать охрану труда на объектах на всех этапах выполнения СМР, а также контролировать производственные процессы и выявлять ОиВПФ на строящемся объекте в динамике.

В каждый из шести ключевых критериев контроля, отслеживающихся по ИБС, были добавлены критические опасности, приводящие к рискованным ситуациям, а также последствиям, которые бы отражали эти опасности в динамике трудового процесса (таблица 2).

Таблица 2 – Факторы с критической степенью риска (фрагмент)

Опасный производственный фактор	Опасности, приводящие к рискованным ситуациям	Последствия
Технологический процесс	Не использование средств индивидуальной защиты при использовании пневмо-электрического инструмента. Отсутствие освещения на рабочем месте. Нарушения установки фасадных лесов. Использование дефектных лестниц, подмостей, вышек, не отвечающие заводским требованиям. Отсутствие таблички с датой следующего испытания.	Причинение ущерба жизни или здоровью. Утомляемость. Потеря внимания, снижение реакции, заболевания органов слуха и опорно-двигательной системы. Причинение ущерба жизни или здоровью, связанное с опорно-двигательной системой человека.
Перепады по высоте (всё, что упадет на рабочего или упадет сам рабочий)	Лифтовые шахты. Перепад высот отрицательный (глубина). Перепад высот положительный (высота). Отсутствие отбортованной доски на рабочем горизонте. Обрушение стенок грунтовых выемок. Отсутствие ограждения на переходных	Причинение ущерба жизни или здоровью. Нарушение технологического процесса.

Для расчета количественной оценки факторов риска была применена риск-ориентированная система по контролю и профилактике уровня производственного травматизма в строительстве на основе модернизированного метода Файна-Кинни и матрично-индексного подхода (таблица 3).

Таблица 3 – Определение индекса травматизма в зависимости от Pi

R_j , баллы	Вероятность риска	Время выполнения работы, t	Частота возникновения несчастных случаев, на 1000 чел., P_i	Степень повреждения человека, S_i	Последствия	Уровень условий труда
9	Высокая		0,2	S_1	Травма с возможностью смертельного случая	Опасный
3	Значительная		0,6	S_2	Потеря трудоспособности на длительный срок	Вредный
0,4	Умеренная		6	S_3	Временная потеря трудоспособности	Допустимый
0	Безопасный уровень		-	-	-	Оптимальный

Матрично-индексный подход в оценке влияния риска на работника применен в зависимости от временной продолжительности работ, количества работающих, вероятности возникновения опасного фактора:

$$Imc = \sum_{i=0}^n P_i * S_i, \quad (2)$$

где Imc – средний индекс травматизма на 1000 чел. за 1 год; индекс травматизма на строительном объекте пересчитывается с учетом численности работников и продолжительности выполнения работ; P_i – частота возникновения несчастных случаев с i^{BM} исходом; S_i – степень повреждения человека, «ущерб».

Индекс травматизма на j^{OM} участке

$$Imc_j = Imc * Q_j / 1000 * t, \quad (3)$$

где t – рабочее время за год; Q_j – трудозатраты на j^{OM} участке.

Индекс травматизма Imc может быть превышен или снижен с определенной вероятностью (в условиях реального производства). Для оценки этой вероятности вводятся показатели:

R_j – вероятность риска в баллах (таблица 4),

Rnp_j – приведенная вероятность риска на j^{OM} участке для получения общей вероятности риска на строительном объекте $R_{общ}$:

$$Rnp_j = R_j * Q_j / Q_{общ}, \quad (4)$$

$$R_{общ} = \sum Rnp_j, \quad (5)$$

где $Q_{общ}$ – общие трудозатраты на объекте.

Таблица 4 – Факторы с критической степенью риска для здоровья и жизни на стройплощадке (фрагмент)

Факторы риска с критической степенью опасности			Вероятность риска, баллы (R_j)
1	Открытые лифтовые шахты при любом виде работ на этаже	Данный риск рассматривается как совокупность (комплекс) факторов, которые включают в себя такие элементы, как отсутствие ограждения и настила в лифговой шахте, а также на рабочем горизонте	3
2	Отсутствуют защитные ограждения на переходных балконах	Оценка по риску ставится за отсутствие защитных ограждений на переходном балконе секции, а также наружных переходных мостиков между секциями при их наличии	3

В результате расчета может быть получен средний индекс травматизма с учетом вероятности риска возникновения события в баллах. Результирующая

статистика по травматизму на строительных объектах позволит оценить состояние охраны труда, по сравнению со средними показателями по отрасли, и принять необходимые меры.

Представленный подход к оценке влияния риска на работников с учетом времени производства работ и количества работников, подвергающихся риску, позволил модернизировать метод Файна-Кинни. Удалось выявить именно «вес» влияния риска непосредственно на работников, выраженный в коэффициенте приведенного риска (R_{npj}), а использование BIM-технологий позволило более точно определить их влияние и дифференцировать риски на прямые и косвенные.

Отметим, что новые подходы, прошедшие верификацию и подтвердившие свою эффективность при практическом использовании для анализа расчета индекса травматизма как дифференциального показателя по предлагаемой методике, показали свою информативность и эффективность при планировании мероприятий по снижению травматизма на строительных объектах.

В четвертой главе представлена практическая реализация системы мониторинга и управления уровнем охраны труда.

Представитель надзорного органа, при обходе проверяемого объекта с помощью планшетных компьютеров, на которых установлено соответствующее программное обеспечение, визуально оценивает каждый проверяемый элементарный участок на наличие ОиВПФ и фактора риска и вносит данные в программу «Сателлит» (рисунок 2).



Рисунок 2 – Модель обхода по оценке уровня ОТ

«Сателлит» производит расчет, выводит полученные значения по каждому фактору, общий индекс безопасности строительства и вероятность риска травмирования работника на период обхода, а также позволяет провести анализ ОиВПФ, ослабляющих позиции.

В целях повышения уровня охраны труда и основываясь на возможности информационных технологий, алгоритмов расчета ИБС и уровня риска, разработана методика контроля башенного крана, позволяющая получить *индекс технического состояния башенного крана (ИТСбк)*.

Актуальность данного направления обусловлена безопасностью и недопущением аварийных ситуаций при эксплуатации башенного крана во время его работы, где человеческий фактор является определяющим для обеспечения безопасной работы и эксплуатации грузоподъемных механизмов.

В данном подходе предлагается рассматривать башенный кран как замкнутую систему, для правильной эксплуатации которой необходимо своевременно регистрировать возникающие отклонения в ходе эксплуатации.

На первом шаге в программе Autodesk Revit создается модель будущего башенного крана, при этом детализация элементов конструкций башенного крана прорабатывается на уровне узлов или секций башни, стрелы. На втором шаге разрабатывается «Сателлит», в который вводится алгоритм учета наработки узлов и механизмов в мото-часах (рисунок 3).

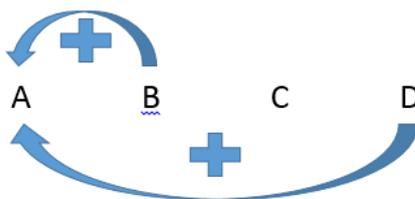


Рисунок 3 – Схема для расчета прогнозируемого срока эксплуатации механизмов

Как только $AD = AB \rightarrow C$ (необходима замена или ремонт), где

A – мото-часы на момент пуска в эксплуатацию,

B – мото-часы на момент контроля,

C – параметр (+/- недо-, пере- работка), сигнализирующий об очередном техническом обслуживании мото-часы,

D – нормативный срок эксплуатации механизма (блока), мото-часы.

В программу интегрируется график технического ремонта и обслуживания башенных кранов. Далее программа интегрируется с BIM-платформой и синхронизируется с моделью башенного крана.

Третьим шагом становится занесение данных о результатах осмотра конструктивных частей башенного крана. Инспектор, при проверке башенного крана, сканирует QR-код каждого проверяемого узла, блока и заносит данные о техническом состоянии этих узлов. При этом, инспектор имеет возможность произвести фотофиксацию выявленных дефектов; полученной фотографии

автоматически присваивается тот же код, что и *QR*-код проверяемого узла, блока.

На четвертом шаге, данные по осмотру башенного крана выгружаются в виде таблицы, которая отвечает РД 10-112-2-09 таблице 6, формируется ведомость дефектов. На основе полученных данных, производится расчет индекса технического состояния башенного крана (ИТСбк):

$$\text{ИТСбк} = \min \{ \text{ИТС}_{\text{м}i}, i=1, \dots, n; \text{ИТС}_{\text{уз}j}, j=1, \dots, m \}, \quad (6)$$

где $\text{ИТС}_{\text{м}i}$ – индекс технического состояния механизмов (представленными в виде механизмов: передвижения, поворота, подъема и т.п., в долях единицы):

$$\text{ИТС}_{\text{м}i} = (\text{Тр}_i - \text{Тн}_i) / \text{Тр}_i, i = 1, \dots, n, \quad (7)$$

где Тр_i – назначенный ресурс механизма (определяется согласно документации завода изготовителя, нормативной или технической документации, в мото-часах); Тн_i – наработка механизма со дня ввода в эксплуатацию; $\text{ИТС}_{\text{уз}j}$ – индекс технического состояния узлов и агрегатов:

$$\text{ИТС}_{\text{уз}j} = 1 - \Sigma D_{kj} / 100, j=1, \dots, m, \quad (8)$$

где D_{kj} – баллы (вес) каждого выявленного k -го дефекта данного j -го узла.

Согласно методике, пороговые значения ИТСбк, в соответствии со списком дефектов, следующие: $[0,9 - 1]$ – интервал исправности, $[0,75 - 0,89]$ – интервал ограниченной исправности, $[0 - 0,74]$ – интервал неисправности.

Рассматривая соотношение бальных показателей ИТСбк и ИБСр, можно соотнести их следующим образом:

- ИТСбк (0 – 0,74) → ИБСр (4 – 9) – (Значительный) Вредный;
- ИТСбк (0,75 – 0,9) → ИБСр (3 – 0,5) – (Умеренный) Допустимый;
- ИТСбк (0,9 – 1) → ИБСр (0 – 0,4) – (Безопасный) Оптимальный.

Благодаря такому подходу к оценке безопасной эксплуатации башенных кранов, удалось дифференцировать дефектные участки и своевременно производить ремонт или замену поврежденных элементов.

Информационная модель, применяемая для расчета ИТСбк башенных кранов, имеет возможность интегрировать в себя геометрические параметры башенного крана и математический алгоритм для их оценки, в результате чего получается количественная оценка образовавшихся дефектов во время эксплуатации башенных кранов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный комплексный подход с применением ВМ-технологии, на основе регулярного (систематического) мониторинга охраны труда с определением влияния опасных и вредных производственных факторов, а

также регистрации рисков, возникающих в динамике строительного процесса, позволяет обрабатывать большой объем информации, получаемый в процессе мониторинга, а также оперативно передавать заинтересованным лицам для быстрого реагирования при предотвращении несчастных случаев.

Методика мониторинга и оценки степени безопасности на строительной площадке на основе ВИМ-технологии позволяет качественно и количественно оценить уровень влияния ОиВПФ, а также уровень риска на человека в динамике производственного процесса. Своевременное реагирование на результаты контроля, позволяет обеспечивать должный уровень охраны труда, обосновать необходимые мероприятия по обеспечению безопасных условий труда, а также спрогнозировать уровень безопасности. Применение данной методики в оценке охраны труда на строительной площадке позволит перераспределить усилия ответственных лиц и эффективно скорректировать мероприятия по безопасному ведению работ.

В свою очередь применение информационной модели для контроля технического состояния башенных кранов позволит обеспечить охрану труда, более качественно и ответственно подходить к обслуживанию и работе с данными механизмами, своевременно осуществляя ремонт или замену поврежденных элементов.

На основании результатов проведенных теоретических исследований можно сделать основные выводы по работе:

1. На основе методического документа МДС12-28.2006 «Методическое руководство по проведению экспертной оценки безопасности нестационарных рабочих мест на строительных местах» в результате вычисления и ранжирования опасных и вредных производственных факторов определены пограничные значения индексов влияния этих факторов на все виды строительно-монтажных работ.

2. Предложен индекс безопасности строительства, позволяющий выявлять процессы и факторы, наибольшим образом влияющие на безопасность труда на строящемся объекте в динамике, что позволяет наиболее эффективно корректировать выбор защитных мер на строительной площадке.

3. Разработан матрично-индексный подход к контролю и оценке уровня состояния охраны труда на основе ВИМ-технологии при интеграции его с модернизированным методом Файна-Кинни, как метода качественно-количественного расчета влияния ущерба здоровью и жизни работника под действием рискованных ситуаций. Предложенный матрично-индексный подход может работать с любым количеством видов опасностей и любым количеством вариантов развития событий ущерба.

4. В целях повышения уровня охраны труда и основываясь на возможности информационной технологии, предложен новый метод расчета технического состояния башенных кранов на основе интегрально-дифференциального подхода, учитывающий бальную оценку дефектов. Использование информационной технологии для расчета индекса технического состояния башенных кранов, дает возможность интегрировать геометрические параметры башенного крана и математический алгоритм для их оценки, в результате которой получается количественная оценка образовавшимся дефектам во время эксплуатации башенных кранов.

Применение информационных технологий в области охраны труда в строительстве позволит собирать и аккумулировать углубленные статистические данные, связанные с влиянием конкретных факторов на случаи травматизма. Последующая обработка данной информации, позволит выявить зависимость частоты несчастных случаев от тех или иных нарушений и уточнить их весовые значения. Учет опасности выявленных закономерностей, при сравнении их с прогнозными значениями, смогут осуществлять не только сами строительные организации, но и контролирующие их органы.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

*Публикации в изданиях, индексируемых научными базами
Scopus и Web of Science:*

1. Sharmanov, V. V. Risk-based approach in valuation of workplace injury rate for transportation and construction industry [Electronic resource] /V. V. Sharmanov, T. L. Simankina, K. A. Pykhtin, A. V. Kopytova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2017. - pp. 012065.

2. Sharmanov, V. V. BIM in the assessment of labor protection [Text] /V. V. Sharmanov, T. L. Simankina, A. E. Mamaev // Инженерно-строительный журнал. – 2017. – № 1 (69). – pp. 77-88

Публикации в рецензируемых научных журналах и изданиях:

3. Шарманов, В. В. Методика оценки факторов достижения безопасности на строительной площадке на основе информационного моделирования [Текст] / В. В. Шарманов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2017. – № 3 (34). – С.72-79.

4. Шарманов, В. В. Контроль рисков строительства на основе BIM-технологий [Текст] / В. В. Шарманов, Т. Л. Симанкина, А. Е. Мамаев //

Строительство уникальных зданий и сооружений. - 2017. - № 12 (63). - С. 113-124.

5. Шарманов, В. В. Система контроля охраны труда и техники безопасности в строительстве с применением BIM-технологии, как возможного инструмента в системе СОУТ и Риск-ориентированном подходе [Текст] / В. В. Шарманов // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - 2018. - № 3. - С. 45-51.

6. Шарманов, В. В. Методика технической экспертизы башенного крана на основе BIM-технологии / Т. Л. Симанкина, А. Е. Мамаев, М. А. Романович // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - 2019. - №2. - С.76-86.

Публикации в других изданиях:

7. Шарманов, В. В. Трудности поэтапного внедрения BIM [Текст] / В. В. Шарманов, А. Е. Мамаев, А. Е. Болейко, Ю. С. Золотова // Строительство уникальных зданий и сооружений, - 2015, - №10 (37). - С.108-120.

8. Шарманов В. В. Прикладное применение BIM-модели здания для контроля инвестиционно-строительного проекта [Текст] / А. Е. Мамаев, В. В. Шарманов, Ю. С. Золотова, В. А. Свинцицкий, Г. С. Городнюк // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. - 2016. - № 1-3. - С. 83-87.

9. Шарманов, В.В. BIM и Андеррайтинг – точки соприкосновения [Текст] /А. Е. Мамаев, А. С. Болейко, Ю. С. Золотова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук журнал. - 2016. - №1-3. - С. 167-173.

10. Шарманов, В. В. Оценка состояния техники безопасности и охраны труда на строительной площадке на основе BIM технологий [Текст] / Т. Ф. Морозова, А. В. Мамаев, С. Н. Софронеева // В сборнике: ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ ВЕСНА - 2016. [Материалы 14-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности. Ответственный редактор: И. П. Степанова]. -2016. - С. 181-187.

11. Шарманов В. В. Динамика индекса безопасности на разных этапах выполнения СМР. [Текст] / В. В. Шарманов // Современные направления развития технологии, организации и экономики строительства: Сборник научных трудов участников межвузовской научно-практической конференции / Под общей редакцией доктора технических наук профессора Бирюкова А.Н. – СПб.: ВИ (ИТ) ВА МТО, - 2018. – 355 с.

12. Шарманов В. В. Охрана труда и BIM-технологии [Текст] / А. Г. Сидоров, А. Е. Мамаев // Охрана труда и пожарная безопасность. - 2019. - №7. - С. 18-25.

13. Шарманов В. В. Технология информационного моделирования (BIM-технология). Уровень риска на стройке. [Текст] / А. Г. Сидоров, А. Е. Мамаев // Журнал главного инженера. - 2019. - №08/09. - С. 92-100.

ШАРМАНОВ ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ

**МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА УРОВНЯ ОХРАНЫ ТРУДА
СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ
КОМПЛЕКСА СРЕДСТВ ВИМ-ТЕХНОЛОГИИ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

05.26.01 – Охрана труда (строительство)

Подписано в печать 30.12.2019. Формат 60x84/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100. Заказ 2844.

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного автором,
в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14