

*На правах рукописи*



**ЛИСОВСКИЙ Владимир Владимирович**

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ РИСКОМ  
ПУТЕМ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ  
КРИТИЧЕСКОЙ СОВОКУПНОСТИ  
ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ  
НА УГЛЕДОБЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ**

**Специальность 05.26.01 – «Охрана труда  
(в горной промышленности)»**

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва  
2016

Диссертационная работа выполнена в ООО «Научно-исследовательский институт эффективности и безопасности горного производства» (ООО «НИИОГР»).

**Научный руководитель:**

**Артемьев Владимир Борисович** — доктор технических наук, заместитель генерального директора – директор по производственным операциям АО «СУЭК»

**Официальные оппоненты:**

**Сидоров Александр Иванович** — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» Федерального государственного авто-номного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск);

**Гражданкин Александр Иванович** — кандидат технических наук, зав. отделом системного анализа безопасности Закрытого акционерного общества «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности» (ЗАО НТЦ ПБ, г. Москва)

**Ведущая организация:**

Частное Учреждение Федерации Независимых Профсоюзов России – «Научно-исследовательский институт охраны труда в г. Екатеринбурге (ЧУ ФНПР – « НИИОТ в г. Екатеринбурге»)

Защита диссертации состоится «\_\_»\_\_\_\_\_2016 г. в \_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д-212.132.11 при НИТУ «МИСиС» по адресу: 119991, г. Москва, Ленинский проспект, 6, стр. 2, ауд. А-305.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке НИТУ «МИСиС» и на сайте <http://old.misis.ru/science/aspirantura/avtoreferaty-dissertacij>.

Автореферат разослан «\_\_»\_\_\_\_\_2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор технических наук, профессор

Е.Ю. Куликова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** На фоне роста экономической эффективности и снижения уровня общего и смертельного травматизма на угледобывающих предприятиях до сих пор происходят крупные аварии, вызывающие общественный резонанс. Методы, применяемые для обеспечения безопасности производства, часто недостаточно соотносятся с методами обеспечения его эффективности, а иногда даже противоречат друг другу. Это приводит к тому, что рост эффективности производства сопровождается увеличением потенциального социально-экономического ущерба, в том числе для здоровья работников, в результате наступления негативных событий, связанных с производственной деятельностью предприятия, то есть возрастанием производственного риска.

Устранить эту ситуацию возможно и целесообразно в рамках функционирования системы управления охраной труда и промышленной безопасностью (СУОТ и ПБ) угледобывающего предприятия. Целью этой системы является контроль за соблюдением требований безопасности, что абсолютно недостаточно в настоящее время для снижения производственного риска до приемлемого уровня. Необходимо контролировать не только нарушения требований безопасности, но и опасные производственные ситуации (ОПС), возникающие и развивающиеся в процессе производственной деятельности предприятия, цеха или участка и представляющих собой системную причину отклонений от требований безопасности.

В связи с изложенным актуальной научно-практической задачей становится разработка модели управления производственным риском, основанной на выявлении и устранении опасных производственных ситуаций. Применение этой модели позволит обеспечить приемлемый уровень производственного риска на угледобывающих предприятиях.

**Цель работы** — разработка модели управления производственным риском на угледобывающем предприятии, учитывающей закономерности формирования и развития опасных производственных ситуаций, применение которой обеспечит снижение риска до приемлемого уровня.

**Идея работы** заключается в том, что управление производственным риском достигается посредством выявления и предотвращения формирования опасной производственной ситуации как критической совокупности опасных факторов.

**Методы исследования.** В работе использованы методы системного и структурно-функционального анализа — при анализе результативности системы управления охраной труда и промышленной безопасностью и системы производственного контроля; научного обобщения — при анализе методов обеспечения безопасности и управления риском на угледобывающих предприятиях; математической статистики — при обосновании необходимости контроля и устранения опасных производственных ситуаций и построении модели управления риском; экспертных оценок — при исследовании стадий развития опасных производственных ситуаций на угледобывающих предприятиях; производственного эксперимента — при апробации модели управления риском и форм контроля ОПС на пилотных предприятиях АО «СУЭК-Кузбасс».

**Научные положения, разработанные лично соискателем:**

1. Повышение уровня безопасности труда на угледобывающих предприятиях обеспечивается управлением производственным риском на основе упреждающего контроля процессов формирования и развития опасных производственных ситуаций.
2. Для опасной производственной ситуации характерны три стадии: зарождение, развитие и кризисное состояние, — различающиеся идентификационными признаками и параметрами основных характеристик, таких как скорость развития, длительность существования, величина риска возникновения негативного события, возможность обнаружения ОПС, тип контроля.
3. Модель управления производственным риском предполагает реализацию целевой функции системы управления охраной труда и промышленной безопасностью путем применения алгоритмов действий, соответствующих стадиям развития опасной производственной ситуации.
4. Контроль и устранение опасных производственных ситуаций, являющиеся основой модели управления производственным риском и производственного планирования обеспечения безопасности производства, требуют соответствующей подготовки персонала, автоматизированной системы учета данных и новых форм контроля стадий опасных производственных ситуаций.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в работе, подтверждаются:**

– представительным объемом статистической информации об аварийности и травматизме на предприятиях АО «СУЭК» (1996-2015 гг.), нарушениях требований промышленной безопасности (2013-2015 гг.);

– значительным объемом аналитической информации о состоянии безопасности производства и методах ее обеспечения в рамках работы системы управления охраной труда и промышленной безопасностью на угледобывающих предприятиях АО «СУЭК-Кузбасс», основанной на актах расследования несчастных случаев с тяжелым и смертельным исходами (2010-2015 гг.) и сведениях из «Единой книги предписаний» (2013-2015 гг.);

– достаточным объемом экспериментальных данных и оценкой результатов по критериям математической статистики (надежность построенной зависимости больше 0,95 при индексе корреляции 0,83);

– снижением производственного риска на предприятиях АО «СУЭК-Кузбасс» до приемлемых значений: на шахте им. С.М. Кирова по расчетным значениям риска его снижение составило 30-60 раз, а по фактическим значениям количества негативных событий риск сократился в 1,5-1,7 раза;

– положительными результатами освоения модели управления риском в практике функционирования системы управления охраной труда и промышленной безопасностью АО «СУЭК-Кузбасс» и реализации отдельных результатов исследования на угледобывающих предприятиях региональных производственных объединений АО «СУЭК» (АО «Разрез Тугнуйский», АО «Ургалуголь», АО «Разрез Березовский»), что подтверждается соответствующими актами о внедрении.

#### **Научная новизна работы:**

1. Впервые установлены идентификационные признаки опасной производственной ситуации, с помощью которых определены и охарактеризованы стадии ее формирования и развития, выявлены закономерности этих процессов.

2. Разработана модель управления производственным риском на основе выявления и устранения опасной производственной ситуации как критической совокупности опасных факторов.

3. Предложены алгоритмы упреждающих действий по устранению опасных факторов для каждой стадии формирования и развития ОПС, применение кото-

рых в рамках разработанной модели управления производственным риском обеспечивает снижение производственного риска до приемлемого уровня.

**Научное значение** работы заключается в разработке модели управления производственным риском, освоение которой обеспечивает контроль опасных производственных ситуаций, как критической совокупности опасных факторов, путем определения стадии ОПС и применения соответствующего данной стадии алгоритма упреждающих действий, что позволяет снижать производственный риск на угледобывающем предприятии до приемлемого уровня.

**Практическая ценность** работы состоит в разработке инструментария — рекомендаций по повышению результативности системы управления охраной труда и промышленной безопасностью и типовой методики управления производственным риском на угледобывающих предприятиях, — применение которого обеспечивает выявление и устранение опасных производственных ситуаций.

**Реализация результатов работы.** Научные положения, выводы и рекомендации диссертационного исследования были использованы при разработке положений о системе управления охраной труда и промышленной безопасностью и о системе производственного контроля на предприятиях и в региональных производственных объединениях АО «СУЭК» (ранее — ОАО «СУЭК»): АО «Ургал-уголь», АО «Разрез Тугнуйский», АО «Разрез Березовский». Результаты работы в полном объеме применяются в АО «СУЭК-Кузбасс» (ранее — ОАО «СУЭК-Кузбасс»).

**Апробация работы.** Основные положения диссертации докладывались и получили одобрение на научных семинарах кафедры аэрологии и охраны труда МГГУ (Москва, 2013 г.), кафедры безопасности и экологии горного производства НИТУ «МИСиС» (2015-2016 гг.), в ООО «НИИОГР» (Челябинск, 2010-2016 гг.); на «Неделе горняка» (Москва, 2014-2015 гг.); на технических советах и ежегодных совещаниях АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (Москва, Ленинск-Кузнецкий, Абакан, Красноярск, Владивосток, 2010-2016 гг.).

**Публикации.** Основные результаты исследований отражены в 10-и научных публикациях в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и двух приложений, изложена на 152 страницах, содержит 41 рисунок, 22 таблицы, список использованных источников из 123 наименований.

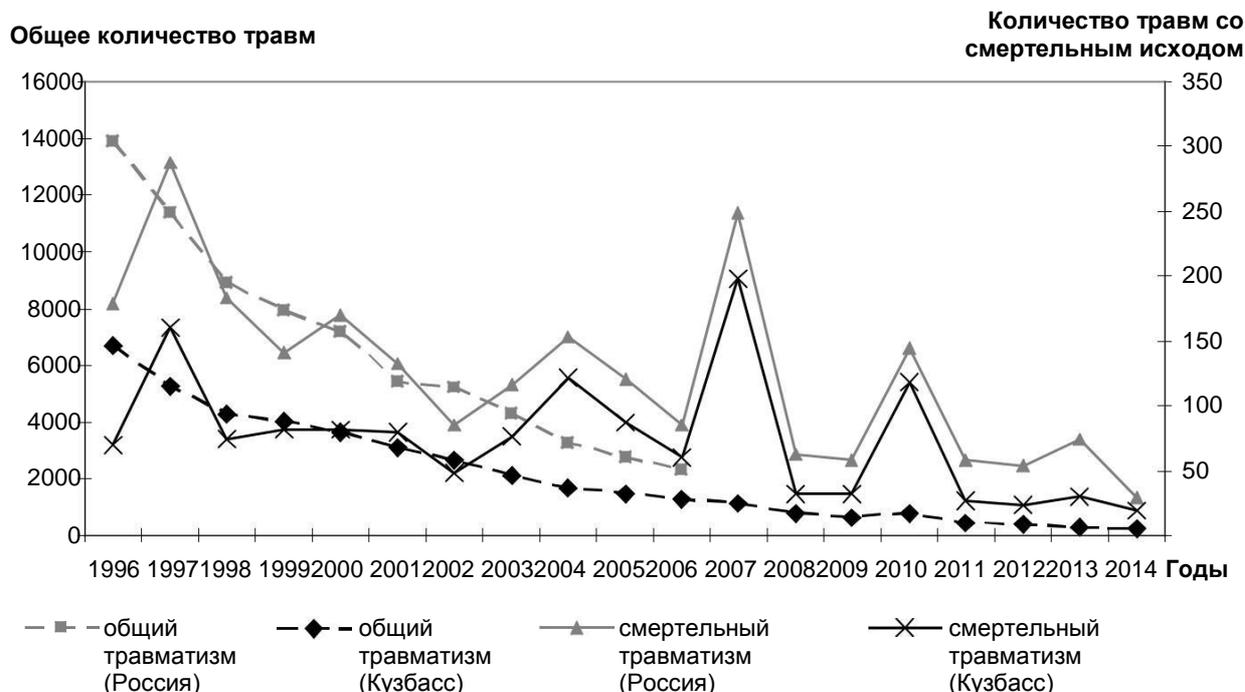
## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Степень разработанности проблемы.** Основой научно-методического обеспечения безопасности производства являются принципиальные подходы к решению проблем охраны труда и промышленной безопасности на горнодобывающих предприятиях, сформированные в трудах А.А. Скочинского, Ф.С. Клебанова, С.А. Ярунина, В.Д. Аюрова, В.И. Дремова, Н.О. Калединой, Б.Ф. Кирина, А.И. Ксенофонтовой, Л.А. Пучкова, В.Е. Родина, М.А. Сребного, К.З. Ушакова, Ю.В. Шувалова и многих других ученых.

Основы организации и функционирования систем обеспечения безопасности горного производства разработаны в исследованиях И.А. Бабокина, В.И. Ганицкого, И.Л. Кравчука, М.В. Лисанова, А.К. Логинова, А.Ф. Павлова, Ю.И. Полякова, В.И. Сидорова, А.А. Форсюка, В.Д. Чигрина и других ученых. Вопросы управления рисками возникновения травм и аварий рассмотрены в работах В.П. Баскакова, О.В. Воробьевой, М.Г. Голубева, А.И. Гражданкина, Е.Ю. Куликовой и других исследователей.

В соответствии с этими работами обеспечение безопасности производства основывается на прогнозировании и предотвращении аварий и травм. Основная функция систем управления охраной труда и промышленной безопасностью предприятий в настоящее время заключается в обеспечении безопасных условий труда посредством контроля соблюдения норм и правил безопасности. Однако практика работы угледобывающих предприятий показывает, что контроль за соблюдением требований безопасности не гарантирует снижения производственного риска. Следствием этого является уровень риска травмирования на угледобывающих предприятиях, остающийся неприемлемым, несмотря на сокращение количества травм (рис. 1).

В результате анализа причин аварий и травм установлено, что их подавляющее большинство происходит вследствие осуществления работ в опасных ситуациях, возникших в производственной деятельности предприятия, цеха или участка.



**Рисунок 1 — Динамика общего и смертельного травматизма в угольной отрасли России и Кузбасса**

Многолетние исследования работы горнодобывающих предприятий угольной и горнорудной промышленности показали, что как опасную следует рассматривать ситуацию, создающую или обуславливающую препятствия безопасному выполнению производственного задания. Опасная ситуация провоцирует работника, оказавшегося в ней, на принятие решений и выбор действий, не адекватных уровню риска, не соответствующих нормам и правилам охраны труда и промышленной безопасности. Решения и действия работников в таких ситуациях не регламентируются и не контролируются, и, как показывают расследования причин несчастных случаев, их осуществление приводит к реализации опасной ситуации в негативное событие.

С учетом изложенных обстоятельств были определены следующие задачи исследования:

1. Выявить условия формирования и развития опасных производственных ситуаций на угледобывающих предприятиях. Установить и охарактеризовать стадии существования ОПС.
2. Обосновать необходимость контроля опасных производственных ситуаций на основе анализа результативности функционирования СУОТ и ПБ угледобывающего предприятия.

3. Определить закономерности формирования, развития и реализации опасной производственной ситуации для создания модели управления производственным риском.

4. Разработать алгоритмы упреждающих действий по недопущению развития опасной производственной ситуации до кризисного состояния, приводящего к возникновению негативного события.

5. Разработать методику управления производственным риском, применение которой обеспечит повышение результативности системы управления охраной труда и промышленной безопасностью.

Решение поставленных задач потребовало, прежде всего, корректировки термина «опасная производственная ситуация», впервые предложенного в диссертационной работе А.А. Дружинина. В рамках данного исследования под **опасной производственной ситуацией** понимается совокупность обстоятельств и факторов, возникающая при выполнении персоналом производственных заданий, которая приводит к повышению производственного риска до критических значений и закономерному возникновению травм и аварий. В соответствии с этим под приемлемым уровнем риска (травмы, аварии) понимается уровень риска, обусловленный опасной производственной ситуацией, состояние и развитие которой, во-первых, поддается контролю и, во-вторых, контролируется известными способами и средствами.

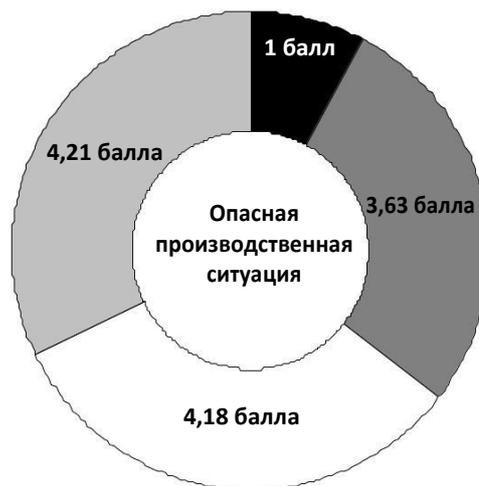
Опасная производственная ситуация формируется, если во времени и пространстве сходятся внутренние факторы, возникшие в различных подсистемах предприятия, и внешние обстоятельства. Фактор — это препятствие выполнению производственного задания, которое работник (группа работников) в состоянии устранить самостоятельно. Обстоятельство — это фактор непреодолимой силы, препятствие выполнению производственного задания, которое работник (группа работников) не в состоянии самостоятельно устранить. Как показали результаты экспертной оценки руководителей и специалистов угледобывающих предприятий, названные факторы и обстоятельства имеют разную степень значимости при формировании ОПС (рис. 2).

- Организационные факторы:**
- некачественно подготовленный и выданный наряд;
  - отсутствие технологических карт, паспортов на производство работ;
  - нарушение режима труда и отдыха;
  - отсутствие регламента взаимодействия между смежными участками;
  - нарушение технологического процесса;
  - некачественные СИЗ и т.д.

- Поведенческие факторы:**
- отсутствие надлежащего контроля со стороны ИТР;
  - терпимое отношение работника к формированию и существованию опасностей;
  - пренебрежение работниками СИЗ;
  - недостаточность знаний и навыков безопасного ведения работ и т.д.

- Технико-технологические факторы:**
- несоблюдение технологических регламентов;
  - несоблюдение графика ППР;
  - некачественный ремонт;
  - большая изношенность оборудования и т.д.

- Природные факторы (обстоятельства):**
- геологические нарушения угольных пластов;
  - неустойчивая кровля;
  - большая обводненность горных выработок;
  - горное давление;
  - газообильность угольных пластов;
  - слабая почва;
  - опасность горных ударов и внезапных выбросов и т.д.



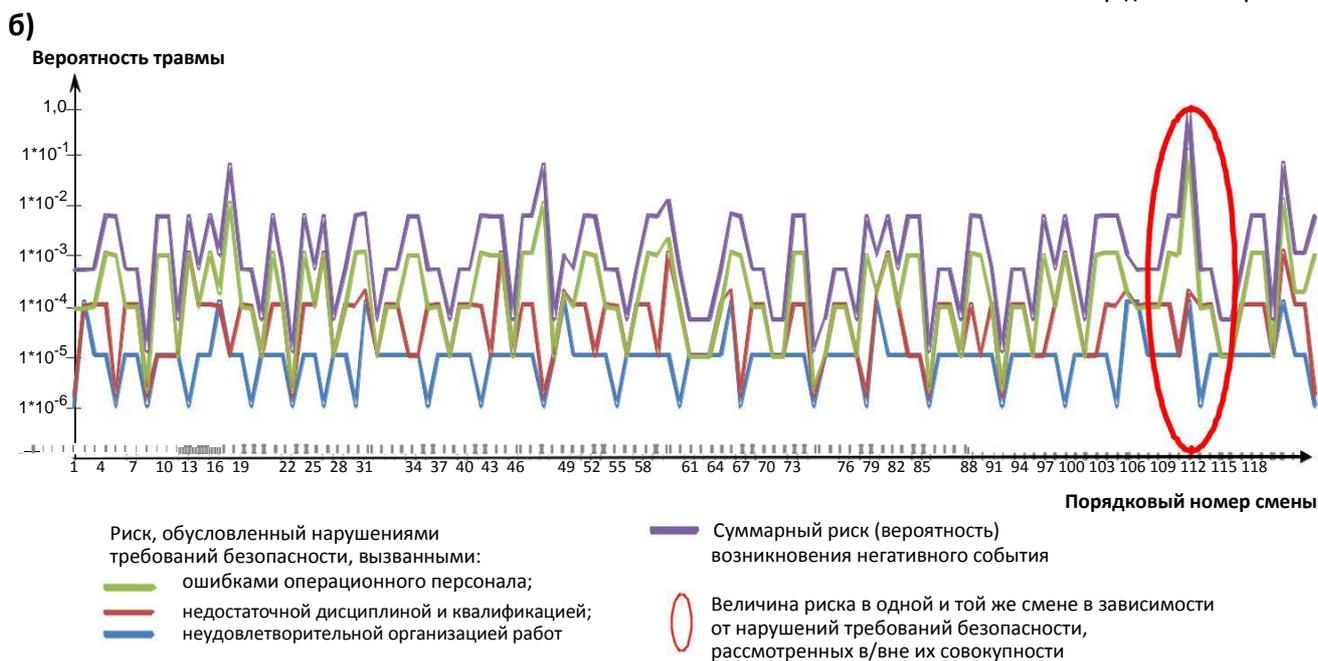
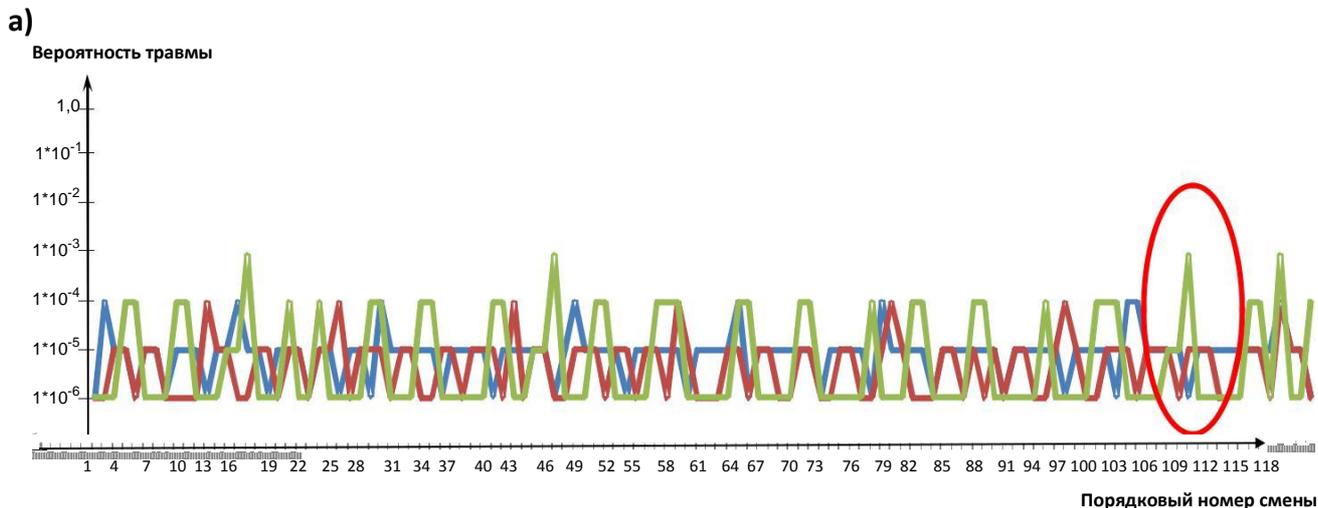
**Балльная шкала значимости факторов при формировании ОПС:**

- 1 балл – неважный;
- 2 балла – малозначимый;
- 3 балла – значимый;
- 4 балла – очень значимый;
- 5 баллов – ключевой (критический)

**Рисунок 2 — Структура и значимость факторов, формирующих опасную производственную ситуацию, на примере угольной шахты (экспертная оценка, средневзвешенные значения)**

Механизм развития опасной производственной ситуации заключается в добавлении к существующему опасному фактору (или совокупности факторов и обстоятельств) дополнительного фактора, который приводит к повышению опасности ситуации. Исследования показывают, что для опасной производственной ситуации характерны три основные стадии существования: **зарождение; развитие; кризисное состояние**, переходящее в травму или аварию либо приводящее к исчезновению критической совокупности факторов.

В ходе диссертационного исследования установлено, что именно совокупность нарушений требований безопасности в смене (их наложение во времени и пространстве) приводит к значительному увеличению производственного риска. Сложившаяся практика функционирования СУОТ и ПБ не предусматривает рассмотрения таких совокупностей. Следовательно, производственный риск оценивается неадекватно (рис. 3).



**Рисунок 3 – Оценка опасности: а) по результатам контроля нарушений требований безопасности; б) по результатам контроля ОПС (шахта им. 7 Ноября АО «СУЭК-Кузбасс»)**

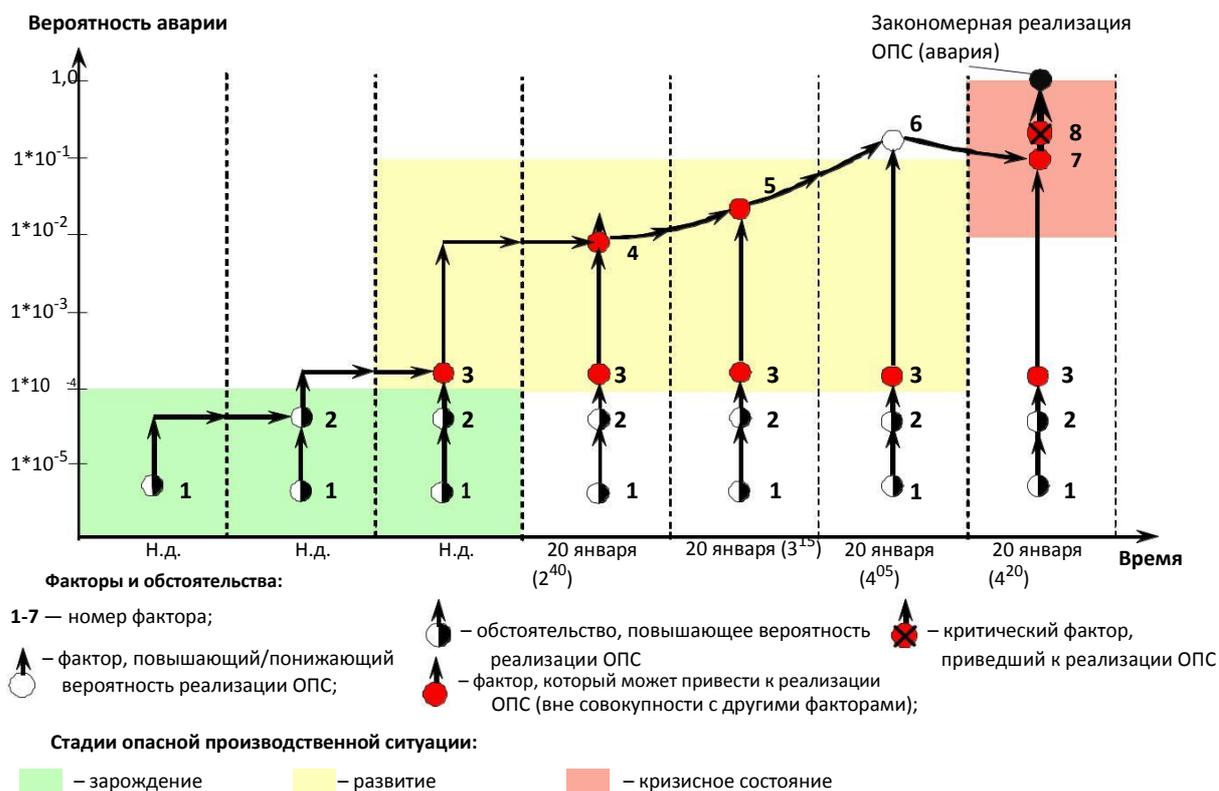
Сравнение результатов оценки риска травмирования персонала позволяет утверждать, что контроль за нарушениями требований безопасности не достаточен для эффективного управления охраной труда и промышленной безопасностью. Необходимо идентифицировать и предотвращать опасности прежде, чем они могут возникнуть, что обеспечивает упреждающий контроль. В общем смысле упреждающий контроль предполагает выявление отклонений от нормы, моделирование возможных негативных последствий и корректировку действий для предотвращения нежелательных последствий. То есть **собственно упреждающим** станет **контроль опасных производственных ситуаций** в рамках функционирования СУОТ и ПБ, что позволит своевременно и достоверно оценивать производ-

ственный риск и принимать адекватные решения по недопущению возникновения негативных событий.

**Таким образом, повышение уровня безопасности труда на угледобывающих предприятиях обеспечивается управлением производственным риском на основе упреждающего контроля процессов формирования и развития опасных производственных ситуаций.**

Для выявления закономерностей формирования и развития ОПС были проанализированы негативные события, происшедшие на угледобывающих предприятиях АО «СУЭК». По результатам ретроспективного анализа смоделированы опасные производственные ситуации, следствием реализации которых стали травмы и аварии. На рисунке 4 представлен механизм реализации на шахте опасной производственной ситуации в аварию с групповым несчастным случаем (2013 г.). Выявлены факторы и обстоятельства, создавшие опасную производственную ситуацию, а также критический фактор, приведший к аварии (реализации ОПС): 1 — подключение энергоснабжения водоотлива и тупикового забоя на единый распределительный пункт; 2 — нестабильная работа участка из-за частых отключений электроэнергии контрольной аппаратурой; 3 — загрубление (отключение) контрольной аппаратуры; 4 — после разрыва вентиляционного става АГЗ фиксирует уменьшение расхода воздуха в забое штрека 52-09 и обрыв датчика контроля метана; 5 — повторное сообщение АГЗ о сокращении поступления воздуха в забой до уровня  $134 \text{ м}^3/\text{мин}$  при норме  $318 \text{ м}^3/\text{мин}$ ; 6 — восстановление вентиляционного става, подача воздуха в выработку; 7 — зам. начальника участка принимает решение начать проходческие работы без разгазования забоя; 8 — искра.

Как видно из рисунка 4, опасная производственная ситуация существовала на протяжении многих смен, о чем свидетельствует наличие совокупностей факторов во всех периодах развития этой ситуации. Фактором, сформировавшим кризисное состояние ОПС, послужило решение, принятое заместителем начальника участка (фактор 7). Критическим фактором, приведшим к реализации ОПС, стала искра (фактор 8).



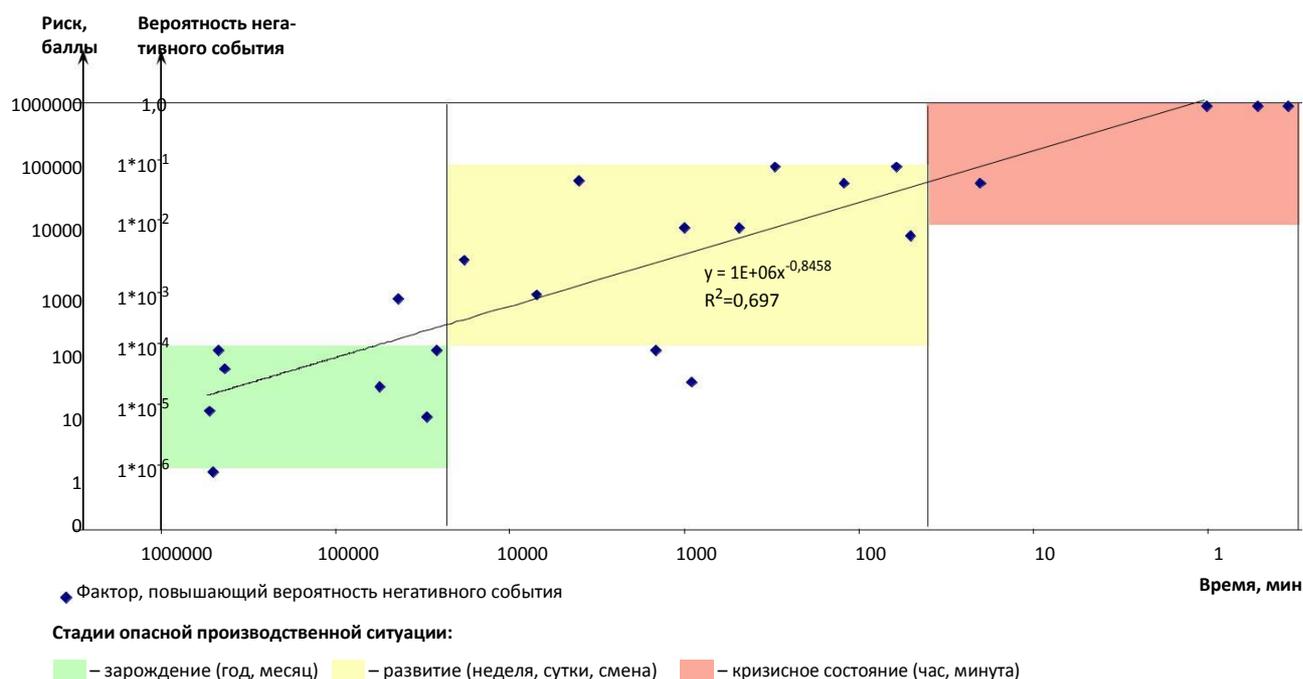
**Рисунок 4 — Рассмотрение случая травмирования при взрыве метана в подготовительной выработке во время проведения проходческих работ (с точки зрения формирования, развития и реализации ОПС)**

Анализ причин и обстоятельств несчастных случаев и аварий на угледобывающих предприятиях с учетом особенностей зарождения, развития и кризисного состояния ОПС показал, что время развития опасной производственной ситуации составляет от нескольких лет до минуты-секунды. То есть скорость развития ОПС, под которой понимается величина изменения риска в единицу времени, может различаться как в разы, так и на порядки.

Для корректного измерения и контроля возрастания скорости развития ОПС на любом промежутке времени (технологическая операция, технологический цикл, смена, сутки, неделя, месяц, год) скорость была приведена к минуте.

Распределения, построенные на основе статистических данных АО «СУЭК-Кузбасс», а также результаты анализа причин и обстоятельств несчастных случаев и аварий на предприятиях компании, проведенного с точки зрения зарождения, развития и кризисного состояния ОПС, позволили установить временные характеристики этих стадий. Согласно выполненным исследованиям самыми продолжительными периодами существования опасной производственной ситуации оказались зарождение и развитие, самым коротким — кризисное состояние. Соответ-

ственно, наиболее низкие скорости развития ОПС наблюдаются на стадии зарождения, наиболее высокие — на стадии кризисного состояния (рис. 5).



**Рисунок 5 — Стадии и время развития опасной производственной ситуации (на примере негативных событий — реализовавшихся ОПС — на угледобывающих предприятиях АО «СУЭК-Кузбасс»)**

Рассмотрение негативных событий на угледобывающих предприятиях АО «СУЭК» в аспекте формирования и развития ОПС позволило установить, что ее зарождение происходит в штатном режиме функционирования объекта (участка, шахты). На этой стадии развития опасную ситуацию сложно идентифицировать, поскольку возрастание производственного риска вследствие появившегося нового фактора может остаться незаметным, так как повышение опасности незначительно, происходит в течение длительного времени и не приводит к возникновению нарушений требований безопасности.

Фиксация работниками угледобывающего предприятия нарушений требований безопасности как признаков наличия ОПС впервые осуществляется на стадии развития, поскольку система управления охраной труда и промышленной безопасностью реагирует на явные признаки.

На стадии кризисного состояния опасной производственной ситуации время ее развития сокращается до диапазона часы-секунды и увеличение риска травмирования происходит резко (скачкообразно). В этот момент совокупность опасных факторов и условий труда преобразуется в критическую комбинацию и реализуется в негативное событие. Контролировать ситуацию на стадии кризисного со-

стояния весьма сложно: высокая скорость ее развития превышает возможности реагирования системы управления промышленной безопасностью и охраной труда (табл. 1).

**Таблица 1 — Характеристика стадий опасной производственной ситуации**

Характеристика	Стадия		
	Зарождение	Развитие	Кризисное состояние
Содержание стадии	Формирование опасных обстоятельств и факторов: возникающие факторы повышают опасность, «накапливаясь» в пространстве и во времени	Формирование совокупности опасных обстоятельств и факторов, поэтапное повышение опасности: факторы и обстоятельства взаимно влияют и обуславливают друг друга	Формирование критической совокупности (комбинации) опасных обстоятельств и факторов, лавинообразное повышение опасности: факторы и обстоятельства обуславливают возникновение новых факторов
Проявление	Латентная	Явная	Явная
Скорость развития ОПС	Низкая	Низкая, средняя, высокая	Высокая
Длительность стадии, мин*	43200-525600 (месяц-год)	480-1440-10080 (смена-сутки-неделя)	0,17-1-60 (секунда, минута, час)
Вероятность негативного события*	$10^{-6}$ - $10^{-4}$	$10^{-4}$ - $10^{-1}$	$10^{-2}$ -1,0
Риск негативного события, баллы*	Низкий 1-100	Повышенный 101-100000	Высокий 100001-1000000
Признак наличия ОПС/ Возможность обнаружения	Производственные условия, вынуждающие персонал работать с нарушениями требований безопасности /Преимущественно аналитическим путем: прогноз формирования ОПС на основе ретроспективных статистических данных	Нарушения требований безопасности, прежде всего, повторяющиеся / Выявление повторов нарушений требований безопасности	Грубые нарушения требований безопасности, факт критически опасного состояния производства /Выявление и контроль критической совокупности (комбинации) нарушений требований безопасности
Сущность алгоритма контроля	Выявление/ прогноз ОПС на основе ретроспективного анализа. Недопущение развития ОПС	Выявление ОПС на основе анализа повторяющихся нарушений и их совокупностей. Устранение повторов нарушений и разрушение сформированных совокупностей (ликвидация инициирующих факторов)	Остановка производственного процесса и устранение критической совокупности (комбинации) нарушений

\*Расчеты проведены на основе актов расследования травм и аварий в АО «СУЭК» и подтверждены данными наблюдений в рамках работы системы производственного контроля угледобывающих предприятий компании.

На основе статистических распределений, анализа причин и факторов, а также построения моделей формирования и развития ОПС были сформулированы следующие закономерности (табл. 2).

**Таблица 2 — Закономерности формирования и развития опасной производственной ситуации**

Область действия закономерности	Суть закономерности
<b>Жизненный цикл ОПС</b>	1. ОПС провоцирует работника к принятию нерегламентированных, а значит, заведомо опасных при исполнении решений и не адекватных ситуации действий. 2. ОПС имеет три стадии существования: зарождение, развитие и кризисное состояние, — которые характеризуются временем существования и скоростью увеличения риска возникновения негативного события. 3. Величина риска (вероятность) возникновения негативного события за время существования ОПС колеблется
<b>Зарождение ОПС</b>	Стадия является латентной; обусловлена появлением одного или нескольких обстоятельств, препятствующих своевременному и качественному выполнению производственного задания (плана, программы, наряда) и усложняющих его
<b>Развитие ОПС</b>	Формирование и существование совокупности факторов и обстоятельств проявляется явно и характеризуется возникновением повторяющихся нарушений требований безопасности, технологических регламентов, правил технической эксплуатации и т.п.
<b>Кризисное состояние ОПС</b>	Резкое увеличение риска, обусловленное как нарушениями требований безопасности, так и решениями и действиями (опасными приемами труда) работника, не адекватными ситуации — формирование критической совокупности факторов и обстоятельств

Таким образом, для опасной производственной ситуации характерны три стадии: зарождение, развитие и кризисное состояние, — различающиеся идентификационными признаками и параметрами основных характеристик, таких как скорость развития, длительность существования, величина риска возникновения негативного события, возможность обнаружения ОПС, тип контроля.

Выявленная в рамках данного исследования зависимость вероятности возникновения негативного события от времени развития опасной производственной ситуации позволила дополнить характеристики стадий ОПС значениями показателей вероятности возникновения нарушений, уровня риска (см. табл. 1), а также определить и конкретизировать целевую функцию системы управления безопасностью производства для управления производственным риском.

Целевая функция, реализуемая системой управления охраной труда и промышленной безопасностью, трансформируется в зависимости от стадии существования опасной производственной ситуации: на стадии зарождения ОПС решается

задача удержания производственного риска на приемлемом уровне или его минимизации; на стадии развития ОПС основной задачей является снижение риска возникновения негативных событий; на стадии кризисного состояния, когда время реакции СУОТ и ПБ на выбор и принятие решений ограничено высокой скоростью развития событий, главной задачей становится недопущение достижения максимальных значений уровня риска (табл. 3).

**Таблица 3 — Модель управления производственным риском**

Параметр	Стадия ОПС		
	Зарождение	Развитие	Кризисное состояние
Целевая функция СУОТ и ПБ	$R \rightarrow \min$		
Значения риска	$R \in [1;100]$	$R \hat{=} [101;100000]$	$R \hat{=} [100001;1000000]$
Механизм развития ОПС	$\Phi_i^t$ $i=1$	$\Phi_i^t \rightarrow$ $i=1$ $\rightarrow N_{новт}^{t,j}$ $j=1$	$(\Phi_i^t, N_{новт}^{t,j}) \rightarrow$ $i,j=1$ $\rightarrow K_{крит}^{t+1}$
Условие управления	$\Phi_i^t$ $i=1$ $\Phi_i^{t+1}$ $i=1$	$\Phi_i^t = \Phi_i^{t+1}$ $i=1$ $N_{новт}^{t,j}$ $j=1$ $\Phi_i^{t+1}$ $i=1$ $N_{новт}^{t+1,j}$ $j=1$	$(\Phi_i^t, N_{новт}^{t,j})^3$ $i,j=1$ $\Phi_i^{t+1}, N_{новт}^{t+1,j}$ $i,j=1$ $K_{крит}^{t+1} \rightarrow 0$
Ограничение по скорости	$V_{ОПС} \rightarrow \min,$ $V_{СУОТ\и\ПБ} \rightarrow \min$ $V_{ОПС} \ll V_{СУОТ\и\ПБ}$	$V_{ОПС} \rightarrow \min,$ $V_{СУОТ\и\ПБ} \rightarrow \min$ $V_{ОПС} \leq V_{СУОТ\и\ПБ}$	$V_{ОПС} \rightarrow \max,$ $V_{СУОТ\и\ПБ} \rightarrow \max$ $V_{ОПС} > V_{СУОТ\и\ПБ}$

Условные обозначения:  $\Phi_i^t$  — факторы и обстоятельства в t-й момент времени;  $i$  — количество факторов, от 1 до  $m$ ;  $N_{новт}^{t,j}$  — количество повторяющихся нарушений в t-й момент времени;  $j$  — количество нарушений требований безопасности, от 1 до  $n$ ;  $K_{крит}^t$  — критическая комбинация факторов и обстоятельств в t-й момент времени;  $V_{ОПС}$  — скорость развития опасной производственной ситуации;  $V_{СУОТ\и\ПБ}$  — скорость реакции системы управления охраной труда и промышленной безопасностью.

Обязательными условиями управления производственным риском (его снижения или удержания на текущем уровне) при реализации целевой функции СУОТ и ПБ являются следующие: на стадии зарождения ОПС — контроль опасных факторов и обстоятельств; на стадии развития ОПС — контроль и сокращение повторов на-

рушений требований безопасности; на стадии кризисного состояния — контроль критической совокупности (комбинации) факторов и обстоятельств и ее ликвидация путем устранения или недопущения возникновения критического фактора.

При реализации целевой функции на каждой стадии ОПС существует ограничение по скорости. Под скоростью развития ОПС понимается величина изменения риска в единицу времени; под скоростью реакции СУОТ и ПБ — величина изменения производственного риска в единицу времени в результате реализации управленческих действий (выявление, оценка и прогноз развития ОПС, выработка и осуществление решений по ее устранению).

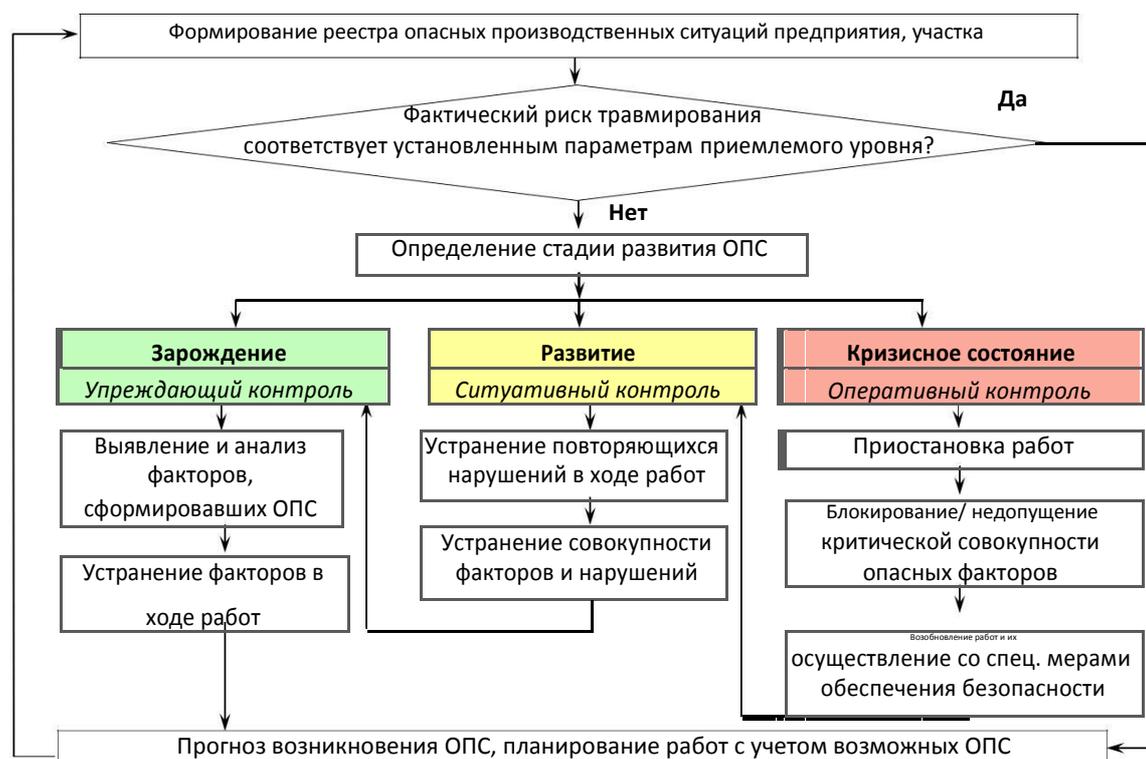
На стадии зарождения ОПС скорость ее развития ниже скорости реакции системы управления безопасностью производства. Это означает, что возникают опасные факторы и формируются опасные обстоятельства, но производственный риск находится под контролем и растет незначительно. На стадии развития скорость формирования ОПС значительно возрастает, тем не менее скорость реакции СУОТ и ПБ равна или превышает скорость развития ОПС. На практике это означает, что сформировавшаяся совокупность опасных факторов и обстоятельств поддается контролю со стороны СУОТ и ПБ: посредством сокращения количества повторов нарушений требований безопасности совокупность ликвидируется. На стадии кризисного состояния скорости развития ОПС и реакции СУОТ и ПБ стремятся к своим максимальным значениям, но скорость реакции СУОТ и ПБ значительно меньше. Это выражается в том, что совокупность опасных факторов и обстоятельств не поддается контролю и управлению, риск достигает максимального значения и возникает негативное событие.

Характеристики стадий развития ОПС, представленные в таблице 1, обусловили вывод, что для повышения эффективности контроля целесообразно начинать превентивные действия на стадии зарождения ОПС, когда она еще не проявилась в виде повторяющихся нарушений требований безопасности, то есть эффективно осуществлять упреждающий тип контроля.

Цель упреждающего типа контроля — не допускать возникновения или развития опасной производственной ситуации. Применение этого типа контроля требует участия работников всех уровней управления угледобывающего предприятия

— для принятия и реализации решений по устранению или блокированию опасной производственной ситуации.

Для стадии развития целесообразен ситуативный тип контроля и соответствующий ему алгоритм действий, суть которого заключается в недопущении критической совокупности (комбинации) факторов: устранении как минимум одного значимого фактора, формирующего ОПС (рис. 6).



**Рисунок 6 — Алгоритм действий по контролю ОПС по стадиям развития**

На стадии кризисного состояния ОПС алгоритм управленческого воздействия сводится собственно к двум действиям: остановке производственного процесса и немедленному устранению критического фактора, который с вероятностью близкой к единице может привести к наступлению негативного события. Остановка процесса необходима для снижения скорости возрастания риска (практически до нуля). После остановки возможно проведение работ по устранению критического фактора.

**Таким образом, модель управления производственным риском предполагает реализацию целевой функции системы управления охраной труда и промышленной безопасностью путем применения алгоритмов действий, соответствующих стадиям развития опасной производственной ситуации.**

Основные выводы, полученные в ходе исследования, и разработанные рекомендации положены в основу модели управления производственным риском на угольных шахтах, использование которой обеспечит эффективный контроль за возникновением и развитием ОПС, выработку и реализацию решений и действий по сохранению приемлемого уровня риска. Применение основных положений диссертационной работы и предложенной модели осуществлялось на угледобывающих предприятиях региональных производственных объединений АО «СУЭК»: АО «Ургалуголь», АО «Разрез Тугнуйский», АО «Разрез Березовский» в 2015-2016 гг., АО «СУЭК-Кузбасс» (2013-2016 гг.)

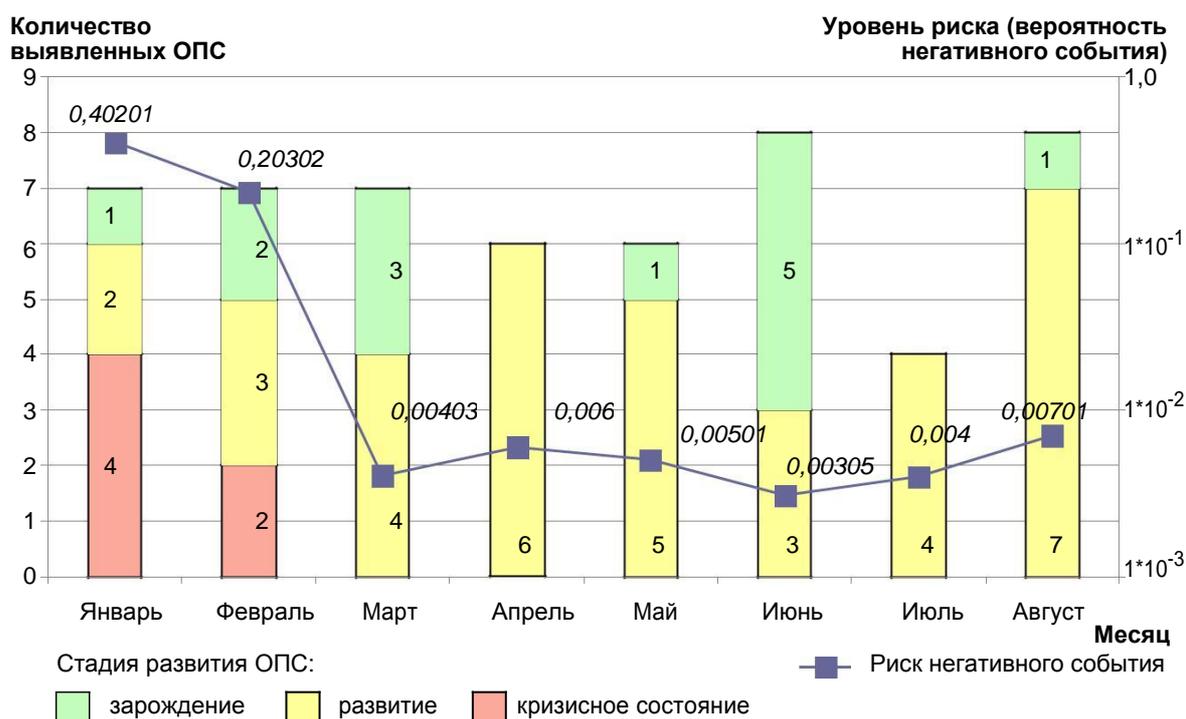
В целом на предприятиях компании в рамках функционирования СУОТ и ПБ освоена работа по устранению повторов нарушений, то есть проводится ситуативный контроль на стадии развития опасных производственных ситуаций. Были проведены подготовка (141 чел.) и аттестация (99 чел.) линейных руководителей предприятий компании, позволившие им осуществлять работу по выявлению и устранению ОПС.

Основной функцией участкового надзора шахты стало выявление в ходе осуществления маршрутного контроля опасных производственных ситуаций на участке и их фиксация в «Единой книге предписаний» (программный продукт, объединяющий в себе систему первичного учета данных и их последующий анализ). На основе анализа данных, полученных в ходе наблюдений, ИТР участка совместно с представителями старшего надзора шахты устанавливают текущую стадию развития опасной ситуации и моделируют ОПС в целом, то есть выявляют этапы ее зарождения и развития. На основе данных об опасной производственной ситуации старший надзор шахты определяет мероприятия по ее устранению и требуемый объем ресурсов.

С 2016 г. на всех угледобывающих предприятиях АО «СУЭК-Кузбасс» начато осуществление производственного планирования с учетом действий работников по недопущению возникновения опасных производственных ситуаций или устранению уже существующих. Для этого была предложена форма дорожной карты, применяемая на зарубежных предприятиях. Дорожная карта представляет собой перечень показателей работы, достижение которых запланировано на определенный период. В планировании с учетом устранения (недопущения) ОПС на

шахтах приняли участие все начальники участков и главные специалисты. Были зафиксированы факторы и обстоятельства ОПС и разработаны наряды с указанием действий по их устранению.

В результате реализации разработанных рекомендаций было обеспечено снижение производственного риска. Например, на шахте им. С.М. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс» по фактическим значениям сокращения количества негативных событий производственный риск снизился в 1,5-1,7 раза, по расчетным значениям в соответствии с моделью — в 30-60 раз (рис. 7).



**Рисунок 7 — Динамика опасных производственных ситуаций и производственного риска на шахте им. С.М. Кирова (2016 г.)**

Контроль стадий существования ОПС и планирование работ по устранению ОПС наряду с другими видами производственной деятельности на шахте позволили начать процесс интеграции СУОТ и ПБ в общую систему управления предприятия.

**Таким образом, контроль и устранение опасных производственных ситуаций, являющиеся основой модели управления производственным риском и производственного планирования обеспечения безопасности производства, требуют соответствующей подготовки персонала, автоматизированной системы учета данных и новых форм контроля стадий опасных производственных ситуаций.**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержатся научно обоснованные технические и организационные решения в области управления производственным риском на основе установленных закономерностей формирования, развития и реализации опасных производственных ситуаций, разработанной модели управления производственным риском, применение которых позволит обеспечить приемлемый уровень производственного риска на угледобывающих предприятиях.

Основные научные результаты и выводы, полученные лично автором, заключаются в следующем:

1. Обоснована необходимость дополнить контроль выполнения требований охраны труда и промышленной безопасности на угольных шахтах контролем опасных производственных ситуаций, количество которых может достигать 5-10 в месяц. Каждая из ОПС представляет собой совокупность факторов и обстоятельств, возникающую при выполнении персоналом производственных заданий и, как правило, приводящую к повышению производственного риска до критических значений и закономерному возникновению травм и аварий.

2. Выявлены характерные для опасной производственной ситуации общие закономерности ее проявления:

– ОПС провоцирует работника на принятие нерегламентированных, а значит, заведомо опасных при исполнении решений и не адекватных ситуации действий;

– ОПС имеет три стадии существования: зарождение, развитие и кризисное состояние;

– стадии существования ОПС характеризуются временем существования и скоростью увеличения риска возникновения негативного события;

– величина риска возникновения негативного события за время существования ОПС колеблется, то есть имеет амплитудный характер.

3. Выявлены следующие закономерности:

- стадия формирования опасной производственной ситуации является латентной;
- на стадии развития опасной производственной ситуации формирование и существование совокупности факторов и обстоятельств проявляются явно — повторами нарушений требований безопасности, технологических регламентов, правил технической эксплуатации и т.п.;
- кризисное состояние опасной производственной ситуации, то есть формирование критической совокупности опасных факторов, характеризуется резким увеличением показателя риска, обусловленного как нарушениями требований безопасности, так и решениями и действиями (использованием опасных приемов труда) работника, не адекватными ситуации.

4. Определены основные характеристики стадий опасной производственной ситуации: скорость ее развития, длительность существования, величина риска негативного события, возможность обнаружения опасной производственной ситуации, тип контроля, — что стало основой для разработки модели управления производственным риском.

5. Установлено, что основным идентификационным признаком опасной производственной ситуации на угледобывающем предприятии, который способна контролировать система управления охраной труда и промышленной безопасностью, является наличие, соответственно: на стадии зарождения опасной производственной ситуации — производственных условий, вынуждающих персонал работать с нарушениями требований безопасности; на стадии развития — повторяющихся нарушений требований безопасности; на стадии кризисного состояния — критической совокупности нарушений требований безопасности, ошибочных решений и действий работников.

6. Разработана модель управления производственным риском, сформированная с учетом характеристик стадий и механизма развития опасных производственных ситуаций. Целевая функция, реализуемая системой управления охраной труда и промышленной безопасностью — снижение производственного риска, — трансформируется в зависимости от стадии опасной производственной ситуации:

на стадии зарождения ОПС решается задача удержания риска на приемлемом уровне или его минимизации; на стадии развития ОПС основной задачей является снижение риска возникновения негативных событий; на стадии кризисного состояния главной задачей становится недопущение достижения максимальных значений уровня риска.

7. Каждой стадии развития опасной производственной ситуации соответствуют определенный тип контроля, осуществляемого в рамках функционирования СУОТ и ПБ, и адекватный ему алгоритм упреждающих действий. На стадии зарождения ОПС упреждающий тип контроля заключается в своевременном обнаружении опасных факторов и обстоятельств и эффективном их устранении (блокировании). На стадии развития ОПС ситуативный контроль предусматривает своевременное обнаружение и сокращение повторов нарушений требований безопасности. При кризисном состоянии ОПС оперативный тип контроля состоит в обнаружении критической совокупности факторов и обстоятельств и ее ликвидации путем устранения критического фактора (нарушения требований безопасности или принятия неверного решения).

8. Условиями успешной реализации модели управления производственным риском на угледобывающем предприятии, учитывающей стадии развития опасной производственной ситуации, являются освоение новой системы автоматизированного учета, внесение изменений в существующую систему контроля, а также подготовка персонала. Эти инструменты совершенствования системы управления охраной труда и промышленной безопасностью направлены на повышение результативности производственного контроля и планирования работ по обеспечению безопасности производства.

9. Применение разработанных модели и методики обеспечило уменьшение производственного риска на предприятиях АО «СУЭК-Кузбасс» до приемлемых значений. На шахте им. С.М. Кирова производственный риск снизился согласно расчетным значениям по модели управления производственным риском в 30-60 раз, а по фактическим значениям количества негативных событий риск сократился в 1,5-1,7 раза.

10. Основные выводы и рекомендации, полученные в ходе исследования, положены в основу типовой методики управления производственным риском на угледобывающих предприятиях АО «СУЭК», освоение которой обеспечивает контроль за возникновением и развитием ОПС, выработку решений и реализацию действий по удержанию риска на приемлемом уровне. Основные методические положения, разработанные в процессе исследования и прошедшие апробацию в региональных производственных объединениях компании, рекомендуются к использованию на предприятиях угольной отрасли.

## Основные положения диссертации опубликованы в работах:

### Рецензируемые научные журналы и издания, рекомендованные ВАК РФ для опубликования основных результатов диссертаций:

1. Добровольский, А.И. и др. Возможности повышения эффективности и безопасности производства в ОАО «Ургалуголь» /А.И. Добровольский, Г.Л. Феофанов, В.В. Лисовский, Н.П. Золотарев //Уголь. – 2011. – № 7 (июль). – С. 49-52.
2. Добровольский, А.И. и др. Картирование рисков — основа эффективного производственного контроля /А.И. Добровольский, Н.П. Золотарев, В.В. Лисовский, А.В. Галкин //Безопасность труда в промышленности. – 2011. – № 10. – С. 68-70.
3. Добровольский, А.И. и др. Вовлечение персонала в совершенствование системы производственного контроля в ОАО «Ургалуголь» /А.И. Добровольский, Н.П. Золотарев, В.В. Лисовский, Т.А. Коркина //Уголь. – 2012. – № 2 (февраль). – С. 47-49.
4. Лисовский, В.В. и др. Об оперативном управлении рисками травмирования персонала на горнодобывающих предприятиях /В.В. Лисовский, В.Ю. Гришин, С.Н. Радионов, И.Л. Кравчук, Е.М. Неволлина, А.В. Галкин //Уголь. – 2013. – № 8 (август). – С. 94-96.
5. Лисовский, В.В. и др. Об оперативном управлении рисками травмирования персонала: удержание опасной производственной ситуации на приемлемом уровне риска /В.В. Лисовский, В.Ю. Гришин, И.Л. Кравчук, А.В. Галкин //Уголь. – 2013. – № 11 (ноябрь). – С. 46-52.
6. Лисовский, В.В. Подход к формированию методики оперативного управления рисками травмирования на угольных шахтах /В.В. Лисовский //Уголь. – 2014. – № 5. – С. 84-89.
7. Лисовский, В.В. Выявление и устранение опасных производственных ситуаций как метод управления рисками травмирования на угольных шахтах /В.В. Лисовский //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 6. – С. 30-36.
8. Лисовский, В.В. Основные направления работы в компании СУЭК по обеспечению высокого уровня промышленной безопасности /В.В. Лисовский //Открытые горные работы в XXI веке-1. Матер. II Междунар. науч.-практ. конф. Т.1: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 10 (спец. выпуск 45-1). – С. 108-123.
9. Лисовский, В.В. Закономерности развития опасных производственных ситуаций на примере горнодобывающих предприятий /В.В. Лисовский //Совершенствование деятельности по обеспечению безопасности производства на угледобывающих предприятиях: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 12 (спец. выпуск 70). – С. 3-16.
10. Лисовский, В.В. Управление производственными рисками посредством контроля и устранения опасных производственных ситуаций на угледобывающем предприятии /В.В. Лисовский //Безопасность труда в промышленности. – 2016. – № 2. – С. 67-72.