

УДК 622.86:331.4

Кравчук Игорь Леонидович

доктор технических наук,
директор Челябинского филиала
ИГД УрО РАН,
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 83
e-mail: kravchuk65@mail.ru

Смолин Антон Вячеславович

младший научный сотрудник ООО «НИИОГР»,
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 83
e-mail: 89507358464@mail.ru

**ВОЗМОЖНОСТИ И ПОТЕНЦИАЛ
СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ
ЭКОНОМИИ РЕСУРСОВ***Аннотация:*

Возможности и потенциал систем обеспечения безопасности производства, обеспечивающие ресурсосбережение на горнодобывающих предприятиях, реализуются в процессе управления риском аварий и травм. На данном этапе развития горнодобывающих предприятий управление риском аварий и травм заключается в выявлении и устранении причин, обуславливающих возникновение нарушений требований безопасности

Ключевые слова: ресурсосбережение, система обеспечения безопасности производства, риск аварий и травм, нарушение требований безопасности, горнодобывающие предприятия

Kravchuk Igor L.

Ph.D. (Doctor of Technical Sciences),
Director of the Chelyabinsk branch
Institute of mining UB RAS,
454080, Chelyabinsk, Lenin avenue, 83
e-mail: kravchuk65@mail.ru;

Smolin Anton V.

Junior researcher, LLC "NIIOGR"
454080, Chelyabinsk, Lenin avenue, 83
e-mail: 89507358464@mail.ru

**THE CAPABILITIES AND POTENTIAL
OF A SAFETY PROVIDING SYSTEM
THAT PRO-MOTES RESOURCES SAVING***Abstract:*

The capabilities and potential of safety providing systems that promotes resources saving in mining plants are implemented via the process of management the accidents and injuries risk. At the given stage of mining plants development the management of accidents and injuries risk consists in revealing and elimination the reasons causing the origin of safety requirements violations.

Key words: Resource-saving, safety providing system, risk of accidents and injuries, violation of safety requirements, mining plants

При повышении эффективности функционирования горнодобывающих предприятий большое значение имеет ресурсосбережение. Оно рассматривается, главным образом, в двух аспектах. С точки зрения экологии основными функциями становятся экономная эксплуатация природных ресурсов и сохранение здоровья людей. С точки зрения экономики – уменьшение ресурсоемкости производства, то есть максимальное сбережение всех видов ресурсов на всех стадиях производства продукта.

Экологические и экономические интересы могут быть обобщены в следующую задачу ресурсосбережения: производить продукцию с более высокой потребительской стоимостью при наименьших затратах ресурсов и минимальном отрицательном воздействии на природную среду и здоровье работников предприятия. На горнодобывающих предприятиях, где эффективность производства во многом зависит от его безопасности, эта задача может быть представлена как осуществление производственной деятельности с минимальными затратами ресурсов, не снижающими безопасность работ в целом.

Существующие системы обеспечения безопасности производства не позволяют достигать требуемого уровня устойчивости и рационального использования ресурсов в условиях постоянного наращивания объемов производства. Система обеспечения безопасности производства – это система действий, способов и средств, направленных на создание безопасных условий труда. Как подсистема, она встроена в более сложную производственную систему и находится во взаимодействии с другими ее подсистемами:

технической, технологической, организационной, управления персоналом и информационно-методического обеспечения. Поэтому важной задачей становится выявление особенностей формирования и функционирования систем обеспечения безопасности, определяющих возможности ресурсосбережения.

Характеристики существующей системы обеспечения безопасности производства показывают, что система, формируя и поддерживая безопасные условия труда, контролируя выполнение норм и правил безопасности, направляет свою деятельность на недопущение повышения уровня травматизма, а не на его снижение. Для этого необходимы изменения в функционировании системы и прежде всего освоение в полном объеме функции управления рисками аварий и травм.

Деятельность горнодобывающих предприятий сопровождается большим количеством нарушений требований безопасности, что является основной причиной несчастных случаев. Со временем работники предприятий перестают воспринимать нарушения требований безопасности как нечто недопустимое, как отклонение от регламентов или правил, а относятся к ним как к неизбежному элементу производственного процесса. В долгосрочной перспективе это приводит к постепенному повышению риска аварий и травм. Поэтому на сегодняшний день управление рисками целесообразно осуществлять путем недопущения (устранения) нарушений требований безопасности, что должно осуществляться путем выявления и устранения причин этих нарушений. Однако практика работы горнодобывающих предприятий показывает, что в системе обеспечения безопасности производится выявление и устранение только нарушений требований безопасности. Этот принцип работы адекватен ситуации, когда нарушения требований безопасности являются единичными случаями, однако по факту они многочисленны и к тому же повторяются после их устранения (рис. 1).

а) ОАО «Высокогорский ГОК»

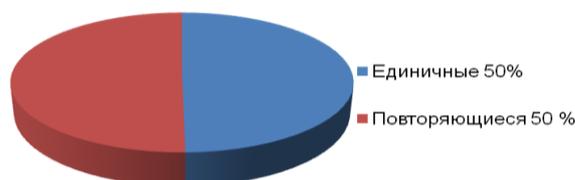
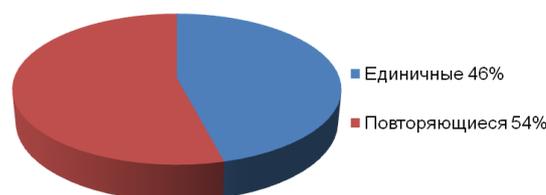
б) шахта «Алардинская»
(ОАО «Южкузбассуголь»)

Рис. 1 – Доля повторяющихся нарушений требований безопасности

Несмотря на проводимую руководством предприятий работу по снижению рисков аварий и травм и устранению общего числа нарушений, доля повторяющихся нарушений растет именно потому, что не выявляются и не устраняются их причины.

Было обобщено и проанализировано около 20 000 нарушений требований безопасности, выявленных в основных производственных процессах на предприятиях ОАО «СУЭК-Кузбасс» за период 2007 – 2012 гг. Из общего количества нарушений требований безопасности были выбраны часто повторяющиеся. С помощью метода построения «дерева событий» [1] были установлены основные причины их возникновения и их доля в процентах на горнодобывающих предприятиях:

- неудовлетворительная организация работы 40 – 45 %;
- низкая дисциплина работников 29 – 32 %;
- недостаточная квалификация работников 17 – 25 %;
- неудовлетворительное психофизическое состояние работников 5 – 7 %.

Этот вывод, полученный по результатам статистических распределений, был проверен экспертно в ходе семинаров с участием около 200 представителей ключевых уровней управления ОАО «СУЭК-Кузбасс» — от рабочих до заместителей директоров по производству.

Распределение выявленных нарушений требований безопасности, допущенных при ведении горных работ на угольных шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс», по четырем основным причинам позволило установить, что преобладает доля нарушений, связанных с неудовлетворительной организацией работ, что обуславливает их повторяемость после устранения (рис. 2).

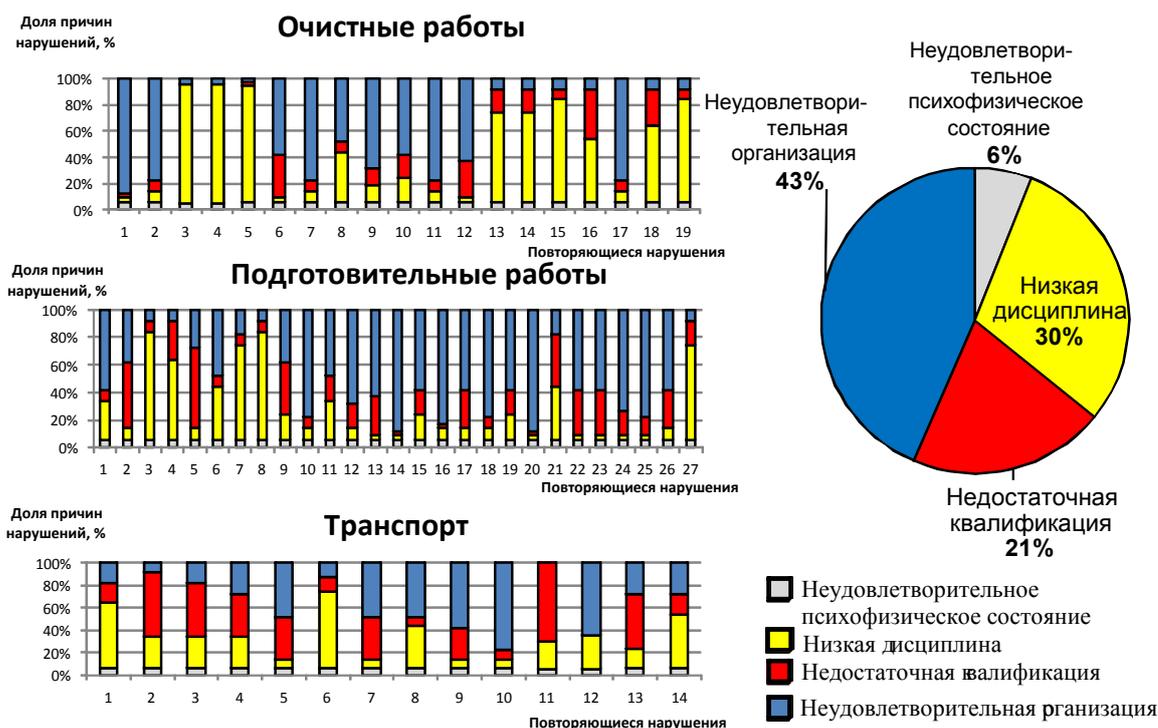


Рис. 2 – Доля причин в возникновении и повторении нарушений требований безопасности по основным производственным процессам угольных шахт ОАО «СУЭК-Кузбасс» 2012 г.

Каждой причине нарушений соответствует определенный механизм их возникновения и частота повторения.

Нарушения из-за неудовлетворительного психофизиологического состояния довольно редки и происходят вследствие утомления, отвлеченности от работы личными проблемами, излишнего страха (или его отсутствия) травмироваться самому или травмировать другого (рис. 3).

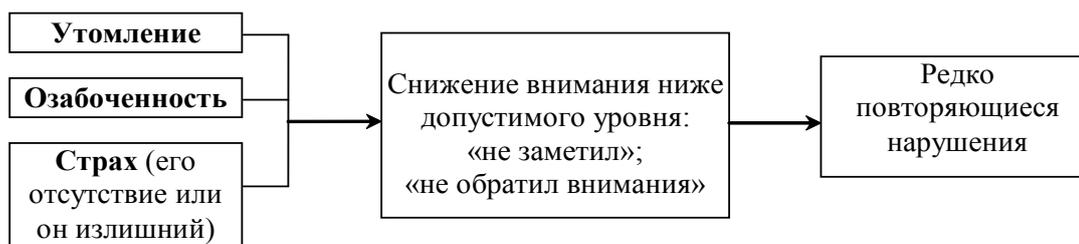


Рис. 3 – Механизм возникновения нарушений требований безопасности вследствие неудовлетворительного психофизиологического состояния

Нарушения из-за недостаточной дисциплины повторяются часто. Они разнообразны и определяются особенностями конкретного задания. Чаще всего работники совершают их

- вследствие недооценки риска: такие отклонения от норм рабочего процесса часто воспринимаются как обычный безопасный способ выполнения задач;
- при желании облегчить свой труд за счет невыполнения мер по безопасности (рис. 4).



Рис. 4 – Механизм возникновения нарушений требований безопасности из-за низкой дисциплины работников

Нарушения вследствие недостаточной квалификации также являются часто повторяющимися и характеризуются тем, что работники не знают или не до конца понимают правила и требования безопасности (особенно часто это происходит с новыми сотрудниками) (рис. 5).

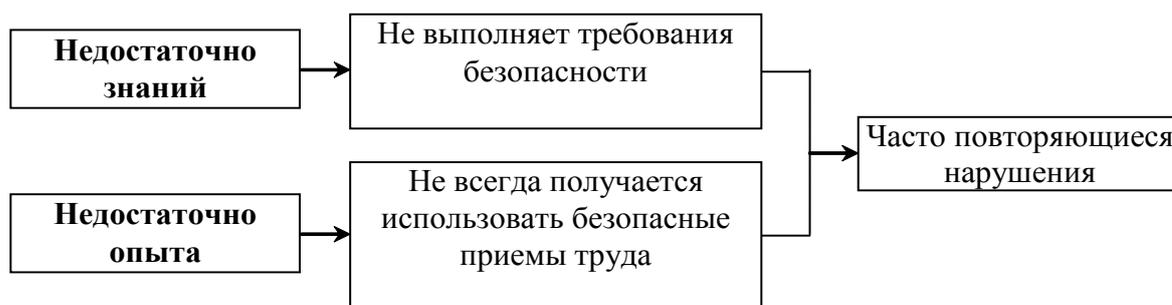


Рис. 5 – Механизм возникновения нарушений требований безопасности из-за низкой квалификации

Нарушения из-за неудовлетворительной организации работ характеризуются созданием таких условий на рабочем месте, когда работнику сложно или невозможно не совершать нарушения. Это, например, нехватка времени на выполнение необходимых операций из-за простоев, неработоспособность оборудования, неукomплектованный коллектив и т. д. Такая работа закономерно приводит к повышению риска аварий и травм. Механизм возникновения нарушений представлен на рис. 6.

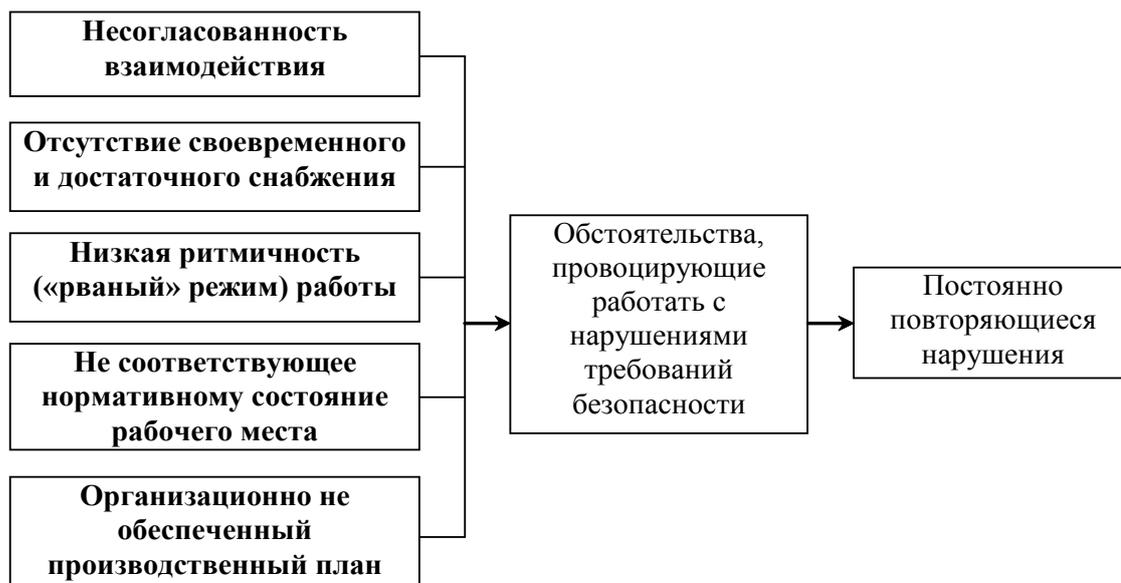


Рис. 6 – Механизм возникновения нарушений требований безопасности из-за неудовлетворительной организации производственных процессов

Неудовлетворительная организация производственных процессов является причиной возникновения постоянно повторяющихся нарушений требований безопасности (рис. 7).

Частота нарушений

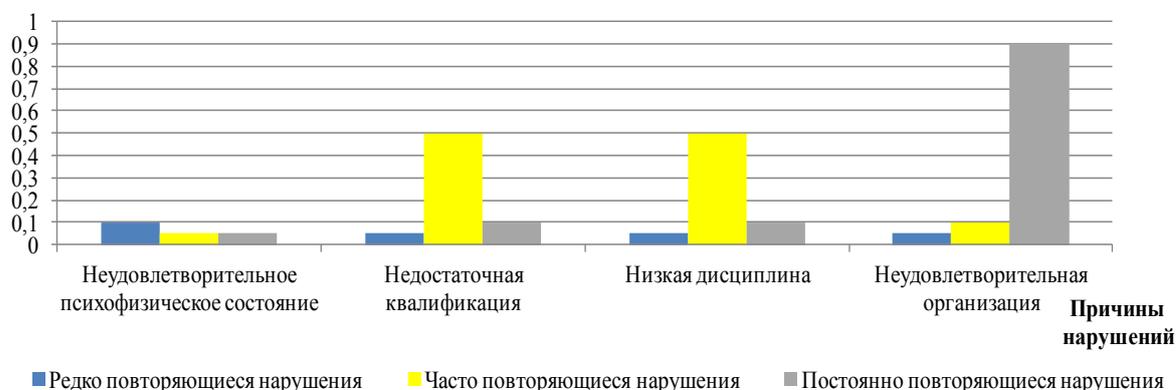


Рис. 7 – Распределение нарушений требований безопасности по частоте их повторения внутри групп нарушений, сформированных по причинам их возникновения

Кроме того, сопоставление причин и частоты их возникновения позволило установить, что нарушения, связанные с неудовлетворительной организацией работ, обуславливают повторяемость нарушений требований безопасности, вызванных другими причинами.

Вероятность нарушения проявляется в частоте его возникновения, тем самым определяя частоту нарушения одного и того же пункта требований безопасности. Таким образом, вероятность нарушения конкретного пункта требований безопасности ($n_{нар}$) можно рассчитать, определив отношение времени его существования (от момента выявления до момента устранения) ко времени работы предприятия, в течение которого это нарушение допускалось, по формуле (1):

$$n_{\text{нар}} = \frac{\sum t_{\text{нар}}}{T_{\text{общ}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{нар}}$ – время существования нарушений по конкретному пункту правил (с момента его выявления до момента его устранения), дней; $T_{\text{общ}}$ – рассматриваемый период работы производственного объекта, дней.

Сопоставление групп нарушений с результатами анализа причин возникновения конкретных пунктов нарушений требований безопасности позволило выявить следующее:

– неудовлетворительное психофизическое состояние работника обуславливает возникновение редко повторяющихся нарушений, вероятность которых сравнительно невысока, а по большинству из них стремится к нулю;

– неудовлетворительная организация производственных процессов обуславливает возникновение постоянно повторяющихся нарушений, вероятность которых высока, а по некоторым стремится к единице.

– низкая дисциплина и недостаточная квалификация работника обуславливают возникновение часто повторяющихся нарушений, вероятность которых «размещается вокруг» 0,5.

Это позволило предложить три класса нарушений требований безопасности по критериям «причина» и «вероятность» их возникновения, ввести условные диапазоны вероятности на основе проведенных статистических наблюдений:

– первый класс — «допустимый», характеризуется причинами возникновения нарушений требований безопасности, связанными преимущественно с ошибками персонала (психофизическое состояние) и диапазоном вероятности возникновения (P) от 0 до 0,3;

– второй класс — «повышенный», характеризуется причинами возникновения нарушений, связанными в основном с дисциплиной и квалификацией персонала и диапазоном вероятности возникновения $P = 0,3 - 0,7$;

– третий класс — «критический», характеризуется причинами возникновения нарушений, связанными, главным образом, с организацией производственных процессов и диапазоном вероятности возникновения $P = 0,7 - 1,0$.

Прогнозирование вероятности и частоты возникновения нарушений требований безопасности целесообразно осуществлять по ключевым точкам – основным причинам их возникновения (таблица). С целью определения класса расчет вероятности возникновения нарушений осуществляется исходя из обусловивших их причин.

Постоянно повторяющиеся нарушения требований безопасности (критический класс) возникают при такой производственной ситуации, когда выполнение работником наряда не обеспечено организационно. Вероятность таких нарушений ($P_{\text{пп}}$) рассчитывается по формуле (6):

$$P_{\text{пп}} = \bar{P}_o + (1 - P_k P_d) - P_o (1 - P_k P_d), \quad (6)$$

где P_o – вероятность удовлетворительной организации работы; P_k – вероятность достаточной квалификации работников при выполнении работ; P_d – вероятность удовлетворительной дисциплины работников.

Часто повторяющиеся нарушения требований безопасности (повышенный класс) возникают в ситуациях, когда работник обеспечен организационно, но не имеет достаточной квалификации либо не готов выполнять требования безопасности без принуждения и контроля. Вероятность таких нарушений ($P_{\text{чп}}$) рассчитывается по формуле (7):

$$P_{\text{чп}} = P_o + (1 - P_k P_d) - P_o (1 - P_k P_d) + P_o P_k P_d. \quad (7)$$

Оценка основных причин возникновения нарушения

Работник полностью обеспечен организационно для выполнения наряда	
Да	Нет
$P_o = \frac{N_{\text{смен}}^{\text{пп}}}{N_{\text{смен}}^{\text{общес}}}, \quad (2a)$ <p>где $N_{\text{смен}}^{\text{пп}}$ – количество смен с плановыми производственными показателями (отклонение $\pm 7\%$); $N_{\text{смен}}^{\text{общес}}$ – общее количество смен</p>	$\bar{P}_o = 1 - P_o \quad (2б)$
Работник имеет достаточную квалификацию	
Да	Нет
$P_k = \frac{N_{\text{работ}}^{\text{кв}}}{N_{\text{работ}}^{\text{общ}}}, \quad (3a)$ <p>где $N_{\text{работ}}^{\text{кв}}$ – количество опытных квалифицированных работников; $N_{\text{работ}}^{\text{общ}}$ – общее количество работников</p>	$\bar{P}_k = 1 - P_k \quad (3б)$
Работник выполняет требования без принуждения и контроля	
Да	Нет
$P_d = \frac{N_{\text{работ}}^d}{N_{\text{работ}}^{\text{общ}}}, \quad (4a)$ <p>где $N_{\text{работ}}^d$ – количество работников, не имеющих дисциплинарных замечаний; $N_{\text{работ}}^{\text{общ}}$ – общее количество работников</p>	$\bar{P}_d = 1 - P_d \quad (4б)$
Работник готов психически и физически	
Да	Нет
$P_{\text{пф}} = 1 - P_{\text{неготовпф}}, \quad (5a)$	$\bar{P}_{\text{пф}} = \frac{Y_{\text{факт}}}{Y_{\text{макс}}} \times \frac{C_{\text{факт}}}{C_{\text{макс}}} \times \frac{B_{\text{факт}}}{B_{\text{макс}}}, \quad (5б)$ <p>где Y – утомляемость; C – страх; B – беспокойство. Y, C, B определяются экспертно в баллах от 1 до 5</p>

Редко повторяющиеся нарушения требований безопасности (допустимый класс) возникают в ситуациях, когда работник не готов психически и физически к выполнению работ. Вероятность таких нарушений ($P_{\text{рп}}$) рассчитывается по формуле (8):

$$P_{\text{рп}} = P_o P_k P_d P_{\text{пф}}, \quad (8)$$

где $P_{\text{пф}}$ – вероятность удовлетворительного психофизического состояния.

Работники не допускают нарушений требований безопасности, в той ситуации, когда устранены все причины нарушений. Вероятность работы без нарушений ($P_{бн}$) рассчитывается по формуле (9):

$$P_{бн} = P_o P_k P_d P_{пф}. \quad (9)$$

Предложенный критерий вероятности нарушений требований безопасности может применяться как самостоятельно, так и в качестве вспомогательного. Например, при оценке риска травмирования персонала его использование позволит выполнить более точный прогноз травматизма на горнодобывающих предприятиях с целью выбора адекватных превентивных мер.

Решение задачи снижения количества нарушений обуславливает необходимость использования дифференцированного подхода к реагированию на факт нарушений требований промышленной безопасности. Применение различных методов недопущения нарушений в зависимости от уровня опасности (класса нарушений) дает возможность повысить точность упреждающих воздействий системы производственного контроля по предотвращению аварий и травм на производстве. Тем самым будет обеспечена экономия материальных и нематериальных ресурсов, а также снижение прямых и косвенных затрат, сокращение ущерба от простоев предприятия и т. д.

Алгоритм работы на основе дифференцированного подхода к нарушениям требований безопасности представлен на рис. 8 [2].

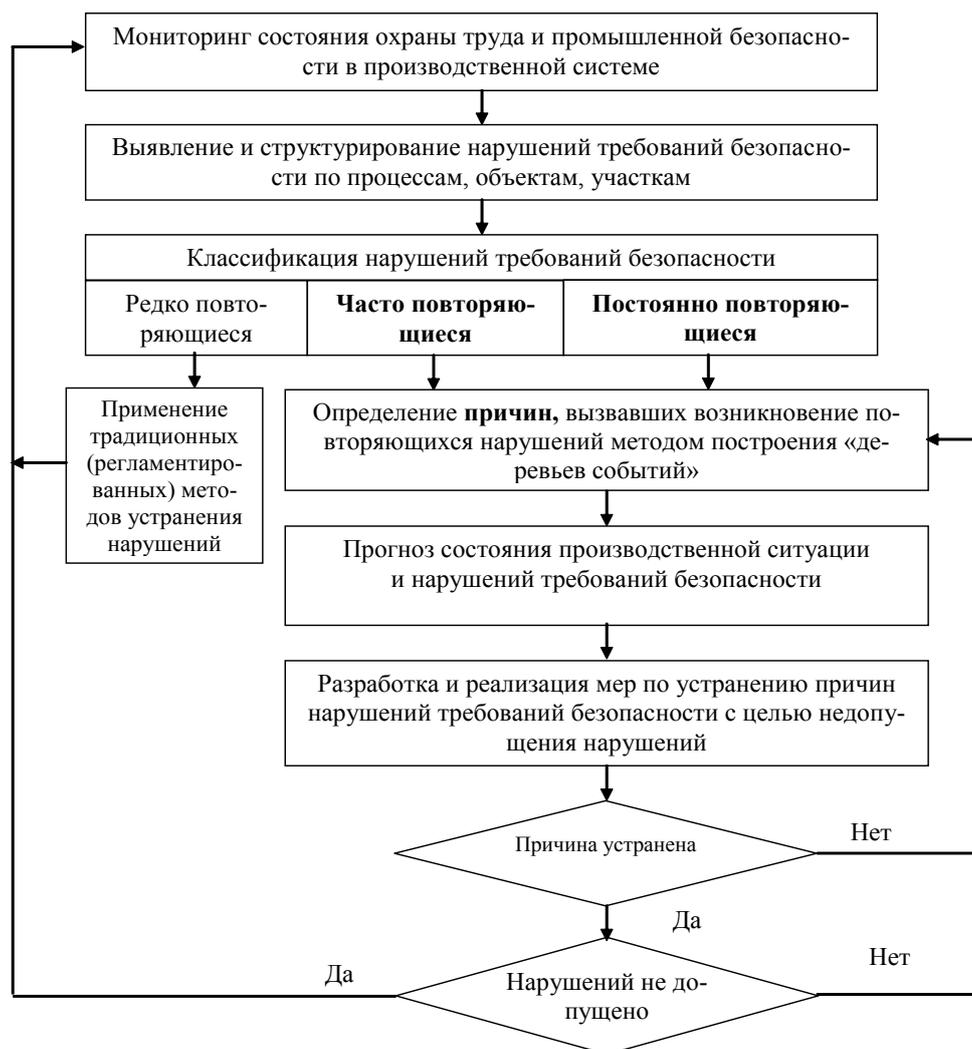


Рис. 8 – Алгоритм снижения вероятности нарушений требований безопасности

Применение методики оценки и снижения вероятности возникновения нарушений требований безопасности на шахтах им. 7 Ноября, им. С.М. Кирова (ОАО «СУЭК-Кузбасс») дало положительные результаты. Снижение общего количества выявляемых нарушений требований безопасности и доли повторяющихся и воспроизводящихся нарушений достигнуто путем устранения причин нарушений следующих пунктов правил:

- 263 – проветривание тупиковых забоев, требования к воздуховоду;
- 481 – подписи и пломбы на комплектных распределительных устройствах;
- 247 – короткое замыкание вентиляционных струй;
- 295 – угольная пыль, сланцевание;
- 603 – эксплуатация ленточных конвейеров;
- 607 – пожарно-оросительный трубопровод;
- 581 – противопожарная защита;
- 299 – водные заслоны;
- 382 – оборудование ленточных конвейеров;
- 297 – локализация взрывов;
- 37 – паспорта ведения работ;
- 482 – электробезопасность;
- 322 – перевозка людей по горным выработкам;
- 288 – обеспыливание бункеров, опрокидывателей;
- 540 – связь и сигнализация и др.

В целом достигнуто сокращение общего количества выявленных нарушений с 5116 до 4204. Уменьшение доли часто и постоянно повторяющихся нарушений требований безопасности составило 8 % (рис. 9).

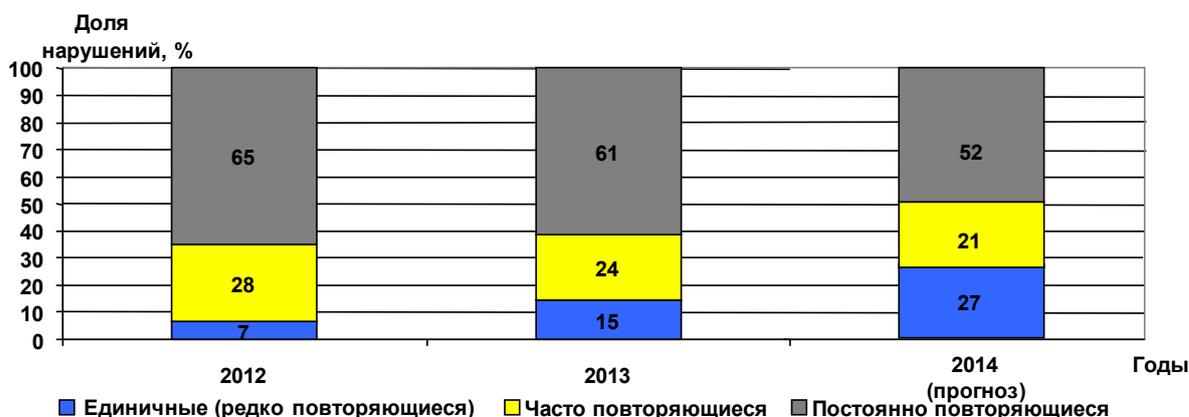


Рис. 9 – Динамика доли повторяющихся нарушений требований безопасности в общем количестве выявленных нарушений ОАО «СУЭК-Кузбасс»

Изменение структуры выявляемых нарушений требований безопасности (доли класса нарушений в их общем количестве) обеспечило снижение риска аварий и травм, следовательно, в целом повысилась безопасность работ.

В исследовании В.А. Ковалева (2009 г.) установлена зависимость между величиной финансовых средств на предотвращение аварии и величиной ее финансовых последствий. Анализ экономического ущерба от происшедших в Кузбассе аварий и размера финансовых средств, необходимых для их предотвращения, выявил, что около 70 % аварий сопровождается ущербом, составляющим 0,4 – 3,0 % стоимости товарной продукции, тогда как затраты на их предотвращение равны 0,01 – 0,3 % этой стоимости. В большинстве случаев ущерб превышает затраты от 2,5 до 43 раз, в отдельных случаях – до 1000 раз и может более чем в 1,5 раза превышать годовой доход угольной шахты [3].

Выявленная в работе [3] зависимость позволяет утверждать, что снижение риска травмирования, достигнутое с помощью предложенного подхода в ОАО «СУЭК-Кузбасс», обеспечивает осуществление производственной деятельности с минимальными затратами ресурсов и повышает безопасность работ.

Следовательно, предложенный подход – учет классов нарушений требований безопасности при недопущении их возникновения – способствует более полной реализации возможностей системы обеспечения безопасности производства в плане ресурсосбережения. Дальнейшие исследования могут быть направлены на количественный расчет экономии ресурсов, полученный с помощью предложенного подхода.

Литература

1. О механизме устранения повторяющихся нарушений требований безопасности на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» / Ю.М. Иванов и др. // Безопасность труда в промышленности. – 2013. – № 11. – С. 28 – 30.
2. Формирование механизма устранения повторяющихся нарушений требований безопасности на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» / В.Ю. Гришин и др. // Комбинированная геотехнология: Масштабы добычи и качество сырья при комплексном освоении месторождений: мат. междунар. науч.-техн. конф. – Магнитогорск, 2013. – С. 61 – 63.
3. Ковалев В.А. Методология развития региональной системы управления охраной труда и промышленной безопасностью на угольных шахтах: автореф. дис. ... докт. техн. наук / В.А. Ковалев. – М., 2009. – 38 с.