

DOI: 10.25558/VOSTNII.2021.80.89.007

УДК 331.45

© В.В. Кулешов, В.С. Сердюк, А.И. Фомин, 2021

В.В. КУЛЕШОВ

аспирант

Омский государственный технический университет, г. Омск

e-mail: vmvvk@mail.ru



В.С. СЕРДЮК

д-р техн. наук, проф.

Омский государственный технический университет, г. Омск

e-mail: vitalyserdyuk@yandex.ru



А.И. ФОМИН

д-р техн. наук,

ведущий научный сотрудник

АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово

e-mail: fomin-ai@kuzbasscot.ru



«ПРЕВЕНТИВНЫЕ ИНДИКАТОРЫ» ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Повышение эффективности системы управления охраной труда в горнодобывающей промышленности является одной из актуальных задач в настоящее время. В связи с этим возникает потребность в использовании эффективных методов для анализа и мониторинга состояния охраны труда и снижения уровня производственного травматизма. В данной работе приведён анализ научной литературы по теме «индикаторы культуры безопасности» и показан заметный рост публикационной активности авторов за последние годы. Представлена информация об использовании традиционных индикаторов безопасности — запаздывающих индикаторов. Также даны сведения об актуальности проведения дальнейших исследований по более прогрессивному направлению в горнодобывающей промышленности — применению превентивных индикаторов для повышения уровня культуры безопасности. Отмечено, что данное направление является малоизученной областью в горнодобывающей промышленности и нуждается в исследовании и практическом внедрении. Представлен обзор терминов по данному направлению, а также предложен новый термин «превентивные индикаторы», который является универсальным в сфере охраны труда и может быть использован как в горнодобывающей промышленности, так и в организациях других сфер производственной деятельности.

Ключевые слова: КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ, ЗАПАЗДЫВАЮЩИЕ ИНДИКАТОРЫ, ОПЕРЕЖАЮЩИЕ ИНДИКАТОРЫ, ПРЕВЕНТИВНЫЕ ИНДИКАТОРЫ, ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ.

В горнодобывающей промышленности наблюдается высокий уровень производственного травматизма. Этому свидетельствуют различные отчётные данные и исследования учёных. Несмотря на вложение различных ресурсов, наличие идей и разработок, это не позволяет снизить количество аварий и несчастных случаев до приемлемого уровня. Так, согласно отчёту Ростехнадзора [1], в 2020 году произошло 3 аварии, среди которых две с групповыми несчастными случаями (15 смертельных случаев). Вместе с тем, в 2019 году произошла 1 авария без пострадавших и смертельно травмированных. Несмотря на это, в 2019 году было зафиксировано также 15 смертельных случаев. Таким образом, существующие традиционные подходы к организации безопасного труда не достигают необходимого результата. По утверждению авторов [2], деятельность, которая направлена на снижение уровня производственного травматизма без выявления причин, приводящих к нему, — малоэффективна. Поэтому выявление и устранение причин является важным элементом для обеспечения безопасности труда.

В настоящее время компании стремятся ограничить число инцидентов, профессиональных заболеваний и несчастных случаев до абсолютного минимума [3]. В связи с этим ведётся поиск более эффективных подходов к обеспечению безопасности труда в различных отраслях, к ним относятся: Vision zero, повышение уровня культуры безопасности, использование количественных и/или качественных методов по оценке профессиональных рисков и т. д. [4–6]. Среди них отметим один из перспективных для горной отрасли — повышение уровня культуры безопасности. Так, по утверждению авторов [7], которые проводили исследование в горнодобывающей промышленности, — зрелая культура безопасности является важным элементом для обеспечения хороших показателей безопас-

ности, особенно в снижении числа несчастных случаев. После аварии на Чернобыльской АЭС началось активное обсуждение темы «Культура безопасности». Этому способствовали выявленные различные недостатки на Чернобыльской электростанции. На практике это может быть реализовано постоянным повышением уровня состояния безопасности труда на рабочих местах, а также уровня культуры безопасности в организации. Однако это труднодостижимо при использовании знаний и опыта, полученных только в результате анализа инцидентов и несчастных случаев. Согласно мнению авторов [8], для обеспечения высокопроизводительного производства, при этом сохранении низкого уровня травматизма и профессиональных заболеваний в горнодобывающей промышленности, необходимо проводить мониторинг состояния охраны труда и промышленной безопасности, а также оценку профессиональных рисков и повышать уровень культуры безопасности.

В связи с этим появляется необходимость во внедрении более эффективных инструментов, которые позволят заблаговременно получить информацию о возможных инцидентах, авариях или несчастных случаях в организации. Таким образом, повышение уровня культуры безопасности в горнодобывающей промышленности требует применения индикаторов безопасности для оценки, анализа и предотвращения неблагоприятных событий на рабочих местах [6, 11, 12]. По утверждению авторов [13], регулярное измерение и анализ индикаторов безопасности позволит получить информацию, необходимую для принятия упреждающих решений в области безопасности и оценки эффективности инициатив в области безопасности труда. Что, в свою очередь, позволит заблаговременно выявлять и предотвращать различные неблагоприятные события, которые могут привести к авариям и/или травмированию работников. Согласно мнению авторов [14], эффективное выявление

и реагирование на изменения условий безопасности по мере их возникновения может превратить неэффективные организации в высоконадежные организации с низким уровнем травматизма. При этом решающее значение в достижении необходимых результатов является использование данных для мониторинга и выявления ранних неблагоприятных признаков производственного травматизма.

Согласно проведённому авторами данной работы анализу в горной отрасли использование индикаторов безопасности для повышения уровня культуры безопасности является малоизученной проблемой и требует дальнейшего исследования и практического применения. Причиной этого, возможно, послужило неопределённость в терминологии, а также то, что основной акцент был сделан на предотвращении несчастных случаев и аварий, а профилактические превентивные методы оказались на втором плане. При этом ряд авторов отмечают использование превентивных индикаторов как одних из эффективных элементов для

снижения уровня травматизма и профессиональных заболеваний в горнодобывающей промышленности [6, 9, 10]. Таким образом, необходимо усилить внимание к повышению уровня культуры безопасности с учётом использования эффективных инструментов, к которым относятся превентивные индикаторы.

Для более глубокого изучения данного вопроса был проведён анализ научной литературы в международной базе «Web of Science». Для настоящего исследования была выбрана данная наукометрическая база в связи с тем, что она является общепризнанной и содержит работы высокого уровня. На рис. 1 представлен анализ публикаций по вопросам исследования индикаторов в сфере повышения уровня культуры безопасности. Большая часть учёных, которые внесли свой вклад в изучение данной темы, являются авторами из Америки (727 работ). При этом отметим, что в общее число научных работ также вошли 100 работ авторов из России.

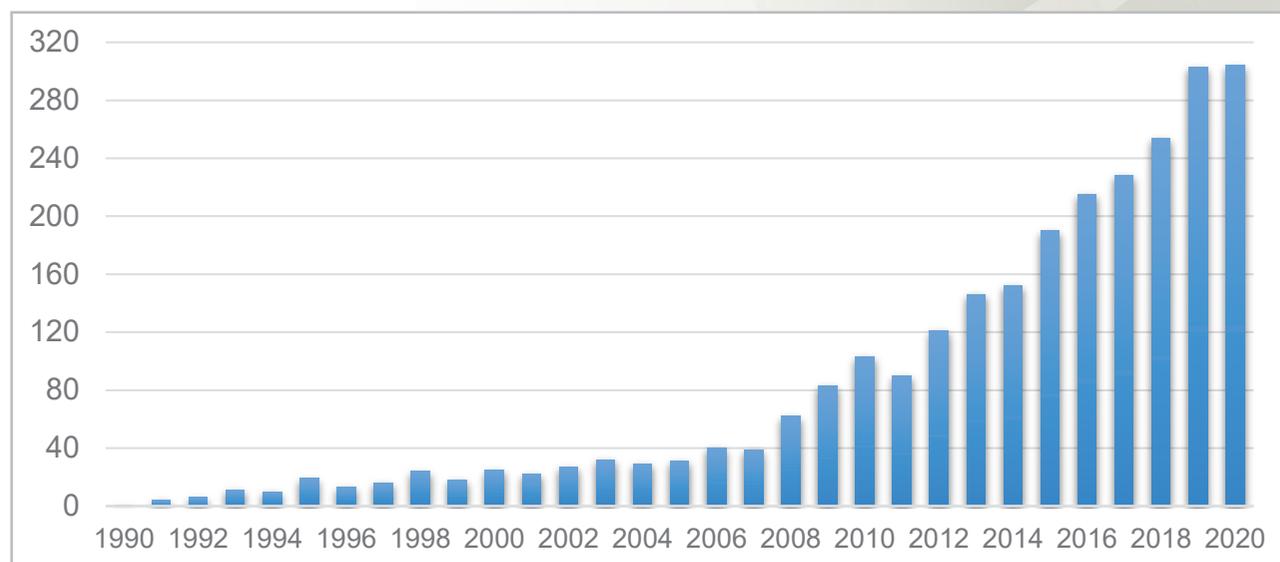


Рис. 1. Публикационная активность в сфере применения индикаторов повышения уровня культуры безопасности

В настоящее время в области охраны труда используются различные виды индикаторов безопасности труда. Традиционно для измерения индикаторов безопасности использовалась статистика произошедших аварий, инцидентов или производственных травм. Данный

вид индикаторов чаще всего называют запаздывающими (lagging indicators). Он является реактивным, так как измеряет события или результаты, которые уже произошли [15]. К нему относят статистику производственного травматизма, количество экологических про-

блем и количество инцидентов, приводящих к материальному ущербу. Несмотря на свою лёгкость в понимании, сборе и обработки данных, данный тип индикаторов безопасности часто подвергается критике. В связи с тем, что регистрируемые инциденты и производственные травмы имеют статистически низкую вероятность возникновения в течение короткого периода времени, они обычно не являются ни достоверными, ни стабильными при измерении на одном рассматриваемом объекте (организации). Согласно утверждению Жана Кадье и др., отсутствие травм, аварий или инцидентов ещё не означает, что рабочее место является более безопасным, чем другое рабочее место, на котором данные события произошли за исследуемый период [16]. Таким образом, действующие механизмы снижения рисков производственного травматизма в горнодобывающей промышленности, которые используют анализ традиционных запаздывающих индикаторов безопасности в значительной степени исчерпали свой потенциал [17].

В связи с этим возникает потребность в разработке более эффективных методов оценки и повышения уровня культуры безопасности в горнодобывающей промышленности. Данные методы включают «опережающие» показатели, позволяющие заблаговременно получать сведения, способствующие возникновению неблагоприятных событий, приводящих к авариям, несчастным случаям и развитию профессиональных заболеваний. Для данного вида индикаторов в англоязычных научных работах чаще всего используется термин «leading indicators». Авторы русско-

язычных работ используют термины: опережающие, проактивные или превентивные индикаторы. Согласно мнению авторов [18], измерение «опережающих» индикаторов дает возможность выявлять и решать проблемы безопасности до возникновения инцидентов, аварий или травм. Eric Stemn и др., которые провели исследование для установления взаимосвязи между зрелостью культуры безопасности и показателями безопасности в горнодобывающей промышленности, утверждают, что для снижения травматизма необходимо переключить внимание на упреждающий подход с акцентом на опережающие индикаторы [7]. Наряду с этим С. Синельников и др. отмечают, что прогнозные цели, основанные на опережающих индикаторах, могут стать помощниками руководителей организаций в повышении уровня охраны труда и культуры безопасности [19].

Авторами настоящей работы проведён анализ заинтересованности научного сообщества в разработке и использовании опережающих индикаторов в наукометрической базе Web of Science по термину «leading indicators». Для отбора работ учитывалась их направленность в исследовании и повышении уровня культуры безопасности и охраны труда (рис. 2). Согласно анализу большая часть работ принадлежит учёным из Америки (378), на втором месте учёные из Японии (167). Среди российских учёных было зарегистрировано 56 научных работ по исследуемой теме. Согласно полученным данным отметим, что интерес в данной сфере из года в год продолжает расти. Эти сведения подтверждают актуальность проводимых исследований.

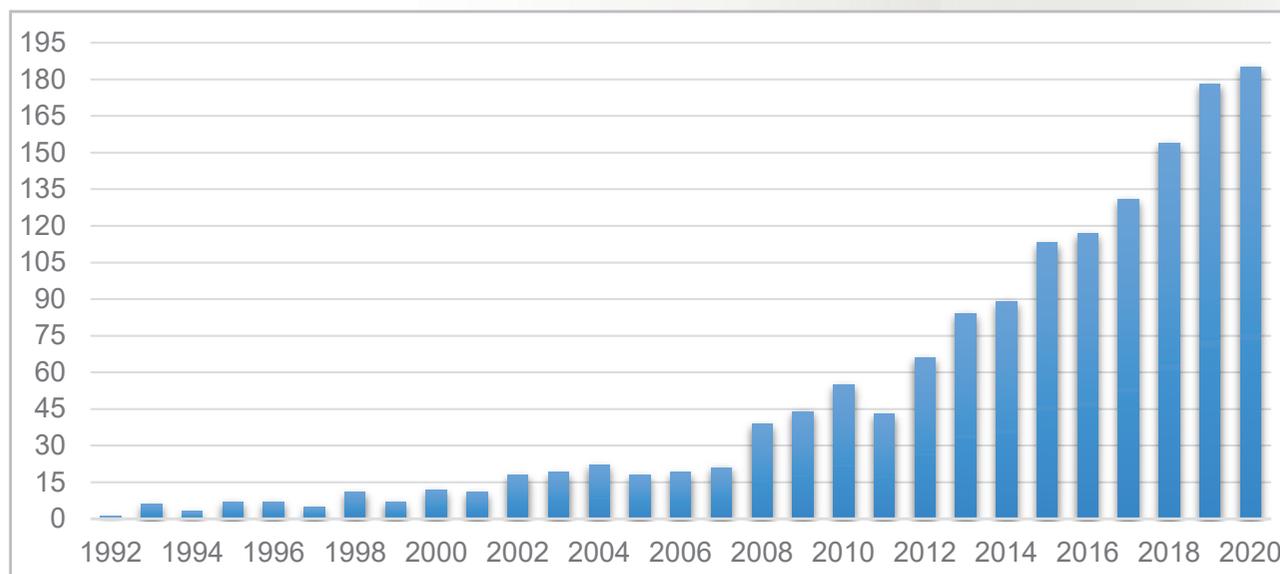


Рис. 2. Публикационная активность по запросу опережающие индикаторы культуры безопасности и охраны труда

В настоящее время отсутствуют официально принятые стандарты или иные нормативные документы, которые описывают типологию индикаторов и методы измерения эффективности управления в сфере охраны труда и культуры безопасности. В связи с этим, в работах различных авторов можно встретить следующие термины «индикаторов»: показатели культуры безопасности труда, индикаторы культуры безопасности, ключевые индикаторы рисков, индикаторы эффективности, индикаторы состояния безопасности и условий труда, показатели (индикаторы) эффективности деятельности в области безопасности труда и охраны здоровья. Авторами данной работы была поставлена задача провести анализ определений, используемых авторами, «опережающих» индикаторов и выбрать или сформулировать то, которое будет наиболее приемлемым для применения в горнодобывающей промышленности.

По утверждению Хопкинса, «опережающие индикаторы — это те, которые непосредственно измеряют аспекты системы управления охраной труда, такие как частота или своевременность проверок» [20].

Согласно рекомендациям Национального совета по безопасности (Институт Кэмпбелла, США), под термином «опережающие

индикаторы» понимается: «... упреждающие, предупреждающие и прогнозирующие меры, которые отслеживают и предоставляют текущую информацию об эффективной работе, действиях и процессах системы управления охраной труда. Они определяют, устраняют или контролируют риски на рабочем месте, которые могут вызвать инциденты и травмы» [21].

Согласно «Step Change in Safety», опережающие индикаторы — это «то, что предоставляет информацию, которая помогает пользователю реагировать на изменяющиеся обстоятельства и предпринимать действия для достижения поставленной цели» [22].

Авторы работы [23], исследовавшие применение опережающих и запаздывающих индикаторов в нефтедобывающей промышленности, определяют опережающие индикаторы как показатель, который предшествует или предполагает будущее событие и используется для руководства и мониторинга мероприятий, предпринимаемых для предотвращения травм и контроля за ними. Этому мнению придерживаются и М. Сауджани [24].

Г. Делатур и др. придерживаются следующего определения данного термина: «это перспективный набор индикаторов, которые отображают эффективность ключевых рабо-

чих процессов, организационный контроль или защитные слои, позволяющие избежать инцидентов, а также обеспечить ранние признаки снижения эффективности ключевых систем безопасности и позволяют восстановить их эффективность до того, как произойдет какое-либо нежелательное событие» [25].

Риан Хофф и Уильям Петерсон отмечают, что «опережающие индикаторы являются прогностическими. Они измеряют действия по обеспечению безопасности, которые люди делают сегодня и могут предотвратить болезнь или травму завтра» [26].

Наряду с этим, Фред Штрауб под опережающими индикаторами имеет в виду следующее: «Меры активности отслеживают выполняемые действия, необходимые для достижения ключевых целей. Эти индикаторы, иногда называемые опережающими, обычно демонстрируют состояние незавершенного производства с точки зрения затрат, качества и времени и являются предварительными показателями результата деятельности» [27].

По мнению М. Grabowski и др., опережающие индикаторы — это условия, события или меры, предшествующие нежелательному событию и имеющие определенную ценность в его прогнозировании, будь то несчастный случай, происшествие, инцидент или нежелательное состояние безопасности. Опережающие индикаторы связаны с инициативной деятельностью, которая нацелена на определение опасностей, оценку, устранение, минимизацию и контроль рисков [28].

Ряд авторов придерживаются следующего определения: это совокупность выбранных показателей, характеризующих уровень эффективности процесса обеспечения безопасности и связанных с действиями, предпринимаемыми для предотвращения аварий [18, 29, 30]. Брайан Го и Так Вин Юй приводят следующее определение данного термина: «Набор количественных и/или качественных измерений, которые могут достоверно и надежно описывать, а также контролировать условия безопасности» [31].

Таким образом, можно выделить основные элементы, которые характеризуют «опе-

режающие» индикаторы:

- информируют о состоянии системы управления охраной труда и уровне культуры безопасности;
- помогают прогнозировать состояние травматизма и профессиональных заболеваний;
- контролируют риски на рабочих местах;
- позволяют заблаговременно получить информацию об различных отклонениях;
- помогают избежать возникновения негативных событий, приводящих к авариям и травмам.

Проведенный анализ подтверждает, что в последнее время уделяется повышенное внимание важности «опережающих» индикаторов в рамках улучшения эффективности системы управления охраной труда и повышения уровня культуры безопасности как в горнодобывающей, так и других видах отраслей промышленности. При этом отметим, что данный термин был заимствован из методов экономического и финансового моделирования и подразумевает различие между упреждающими мерами состояния безопасности и ретроспективными мерами прошлых результатов безопасности [13]. В связи с этим, для продолжения и углубления исследований существует потребность в уточнении терминологии в сфере охраны труда для горнодобывающей промышленности. При этом была необходимость учесть также территориальное местоположение проведения будущих исследований — территория Российской Федерации, а также другие русскоязычные страны. С этой целью авторами данной работы проведен анализ терминологии «опережающий» и «превентивный», используемых в толковых словарях русского языка. На его основе выделим термин «превентивный» как основной. Так, согласно толковому словарю Ожегова С.И. «превентивный» — «предупреждающий что-нибудь, предохранительный» [32].

При этом, если обратиться к толковому словарю Ушакова Д.Н., «превентивный» — «предупреждающий что-либо, предохранительный. Например, превентивная прививка, мероприятия превентивного характера. Опе-

режающий подобные действия противной стороны» [33]. Таким образом, превентивные индикаторы в сфере охраны труда можно охарактеризовать следующим образом: «способствующие предупреждению событий, позволяющие заблаговременно предотвратить возникновение неблагоприятных ситуаций, приводящих к аварии, травме или несчастному случаю».

На основе проведённого анализа, для дальнейших исследований в горнодобывающих организациях авторами данной работы предлагается использовать для обозначения индикаторов культуры безопасности термин «превентивные индикаторы». Под данным термином в дальнейшем будет пониматься следующее.

Превентивные индикаторы — это набор прогнозирующих и предупреждающих инструментов, позволяющих производить непрерывный мониторинг эффективности работы системы управления охраной труда, и информирующих об уровне культуры безопасности, с целью снижения профессионального риска и уровня производственного травматизма в организации. Они позволяют заблаговременно получить информацию об отклонениях, способствующих возникновению негативных событий, приводящих к авариям, инцидентам или травмам работников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годовой отчет «Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору» / Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору: Москва, 2016–2020.
2. Артемьев В.Б. и др. Производственная травма и производственный травматизм: явление и сущность, случайность и закономерность // Уголь. 2020. № 5 (1130). С. 4–11.
3. Vierendeels G. et al. An integrative conceptual framework for safety culture: The Egg Aggregated Model (TEAM) of safety culture // Safety science. 2018. Т. 103. Р. 323–339.
4. Zwetsloot G. et al. Vision zero: Developing proactive leading indicators for safety, health and wellbeing at work // Safety Science. 2020. Т. 130. Р. 104890.
5. Van Nunen K. et al. Bibliometric analysis of safety culture research // Safety Science. 2018. Т. 108. Р. 248–258.
6. Yorio P.L. et al. Lagging or leading? Exploring the temporal relationship among lagging indicators in mining establishments 2006–2017 // Journal of Safety Research. 2020. Т. 74. Р. 179–185.
7. Stemn E. et al. Examining the relationship between safety culture maturity and safety performance of the mining industry // Safety science. 2019. Т. 113. Р. 345–355.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Термины «leading indicators» (опережающие индикаторы) и «lagging indicators» (запаздывающие индикаторы) культуры безопасности получили широкое распространение и используются для мониторинга эффективности системы управления охраной труда в различных организациях. При этом в горной отрасли применение «опережающих» индикаторов не нашло своего достойного активного применения, возможно, в связи с отсутствием конкретного представления о роли и значении превентивных индикаторов в повышении уровня культуры безопасности.

Проведённый анализ позволил выделить общие признаки, которые характеризуют «опережающие» индикаторы. Для проведения дальнейших исследований в сфере охраны труда предложен термин «превентивные индикаторы» и дано его определение. Данный термин является универсальным в сфере охраны труда и может применяться как в горнодобывающей промышленности, так и в других отраслях экономики. Данное исследование является одним из элементов работы, направленной на разработку перспективных методов повышения уровня культуры безопасности, позволяющий снизить профессиональные риски и уровень производственного травматизма в организациях на основе внедрения превентивных индикаторов.

8. Виноградова О.В. Ошибки человека как фактор производственного риска в горнодобывающей промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. № 6–1. С. 137–145.

9. Haas E.J., Yorio P. Exploring the state of health and safety management system performance measurement in mining organizations // Safety science. 2016. Т. 83. P. 48–58.

10. Grayson R.L., Kinilakodi H., Kecojevic V. Pilot sample risk analysis for underground coal mine fires and explosions using MSHA citation data // Safety science. 2009. Т. 47. No. 10. P. 1371–1378.

11. Almost J.M. et al. A study of leading indicators for occupational health and safety management systems in healthcare // BMC health services research. 2018. Т. 18. No. 1. P. 1–7.

12. Nazarpour E. et al. Safety performance evaluation in a steel industry: A short-term time series approach // Safety science. 2018. Т. 110. P. 285–290.

13. Lingard H. et al. Leading or lagging? Temporal analysis of safety indicators on a large infrastructure construction project // Safety science. 2017. Т. 91. P. 206–220.

14. Cooke D.L., Rohleder T.R. Learning from incidents: from normal accidents to high reliability // System Dynamics Review. 2006. Т. 22. No. 3. P. 213–239.

15. Sheehan C. et al. Leading and lagging indicators of occupational health and safety: The moderating role of safety leadership // Accident Analysis & Prevention. 2016. Т. 92. P. 130–138.

16. Cadieux J., Roy M., Desmarais L. A preliminary validation of a new measure of occupational health and safety // Journal of Safety Research. 2006. Т. 37. No. 4. P. 413–419.

17. Карначёв И.П. и др. Проблемы и перспективы формирования системы проактивного мониторинга безопасности работников предприятий горнодобывающей отрасли // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 10. С. 48–54.

18. Hinze J., Thurman S., Wehle A. Leading indicators of construction safety performance // Safety science. 2013. Т. 51. No. 1. P. 23–28.

19. Sinelnikov S., Inouye J., Kerper S. Using leading indicators to measure occupational health and safety performance // Safety science. 2015. Т. 72. P. 240–248.

20. Hopkins A. et al. Thinking about process safety indicators // Safety science. 2009. Т. 47. No. 4. P. 460–465.

21. Guo B.H.W. et al. Using a pressure-state-practice model to develop safety leading indicators for construction projects // Journal of construction engineering and management. 2017. Т. 143. No. 2. P. 04016092.

22. Mousavi S.S., Cudney E.A., Trucco P. Towards a framework for steering safety performance: A review of the literature on leading indicators // International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics. Springer, Cham, 2017. P. 195–204.

23. Naji G.M. A. et al. Implementation of Leading and Lagging Indicators to Improve Safety Performance in the Upstream Oil and Gas Industry // Journal of Critical Reviews. 2020. Т. 7. No. 14. P. 265–269.

24. Saujani M. World-class safety culture: Applying the five pillars of safety // Professional safety. 2016. Т. 61. No. 02. P. 37–41.

25. Delatour G. et al. Safety performance indicators: a questioning diversity // Chemical Engineering Transactions. 2014. Т. 36. P. 55–60.

26. Hooff R.C., Peterson W.T. Copepod biodiversity as an indicator of changes in ocean and climate conditions of the northern California current ecosystem // Limnology and Oceanography. 2006. Т. 51. No. 6. P. 2607–2620.

27. Straub F. Leading ergonomic indicators: their importance in the american workplace, part 2 // Professional Safety. 2018. Т. 63. No. 11. P. 44–48.

28. Grabowski M. et al. Accident precursors and safety nets: leading indicators of tanker operations safety // Maritime Policy & Management. 2007. Т. 34. No. 5. P. 405–425.

29. Robson L.S. et al. Developing leading indicators from OHS management audit data: Determining the measurement properties of audit data from the field // Journal of safety research. 2017. Т. 61. P. 93–103.
30. Costin A., Wehle A., Adibfar A. Leading indicators — a conceptual IoT-based framework to produce active leading indicators for construction safety // Safety. 2019. Т. 5. No. 4. P. 86.
31. Guo B.H.W., Yiu T.W. Developing leading indicators to monitor the safety conditions of construction projects // Journal of Management in Engineering. 2016. Т. 32. No. 1. P. 04015016.
32. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка. М., 2000. 940 с.
33. Ушаков Д.Н. Большой толковый словарь русского языка: современная редакция. М., 2008. 959 с.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2021.80.89.007

UDC 331.45

© V.V. Kuleshov, V.S. Serdyuk, A.I. Fomin, 2021

V.V. KULESHOV

Graduate Student

Omsk State Technical University, Omsk

e-mail: vmvkv@mail.ru

V.S. SERDYUK

Doctor of Engineering Sciences, Professor

Omsk State Technical University, Omsk

A.I. FOMIN

Doctor of Engineering Sciences, Professor,

Leading Researcher

JSC «NC VostNII», Kemerovo

e-mail: fomin-ai@kuzbasscot.ru

«PROACTIVE INDICATORS» FOR ENHANCING SAFETY CULTURE

Improving the efficiency of the OSH management system in the mining industry is one of the urgent tasks at the present time. In this regard, there is a need to use effective methods for analyzing and monitoring the state of labor protection and reducing the level of industrial injuries. This paper provides an analysis of scientific literature on the topic of «safety culture indicators» and shows a noticeable increase in the publication activity of authors in recent years. Provides information on the use of traditional safety indicators — lagging indicators. It also provides information on the relevance of further research in a more progressive direction in the mining industry — the use of preventive indicators to improve the level of safety culture. It is noted that this direction is a poorly studied area in the mining industry and needs research and practical implementation. An overview of terms in this area is presented, as well as a new term «Preventive indicators» is proposed, which is universal in the field of labor protection and can be used both in the mining industry and in organizations in other areas of production activity.

Keywords: SAFETY CULTURE, LAGGING INDICATORS, LEADING INDICATORS, PREVENTIVE INDICATORS, MINING INDUSTRY, LABOR PROTECTION, OCCUPATIONAL INJURIES.

REFERENCES

1. Annual report «Annual report on the activities of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision» / Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision: Moscow, 2016–2020. [In Russ.].
2. Artemiev V.B. and others. Industrial injury and industrial traumatism: phenomenon and essence, randomness and regularity // Coal [Ugol]. 2020. No. 5 (1130). P. 4–11. [In Russ.].
3. Vierendeels G. et al. An integrative conceptual framework for safety culture: The Egg Aggregated Model (TEAM) of safety culture // Safety science. 2018. T. 103. P. 323–339.
4. Zwetsloot G. et al. Vision zero: Developing proactive leading indicators for safety, health and wellbeing at work // Safety Science. 2020. T. 130. P. 104890.
5. Van Nunen K. et al. Bibliometric analysis of safety culture research // Safety Science. 2018. T. 108. P. 248–258.
6. Yorio P.L. et al. Lagging or leading? Exploring the temporal relationship among lagging indicators in mining establishments 2006–2017 // Journal of Safety Research. 2020. T. 74. P. 179–185.
7. Stemn E. et al. Examining the relationship between safety culture maturity and safety performance of the mining industry // Safety science. 2019. T. 113. P. 345–355.
8. Vinogradova O.V. Human errors as a factor of industrial risk in the mining industry // Mining information and analytical bulletin [Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten]. 2020. No. 6–1. P. 137–145. [In Russ.].
9. Haas E.J., Yorio P. Exploring the state of health and safety management system performance measurement in mining organizations // Safety science. 2016. T. 83. P. 48–58.
10. Grayson R.L., Kinilakodi H., Kecojevic V. Pilot sample risk analysis for underground coal mine fires and explosions using MSHA citation data // Safety science. 2009. T. 47. No. 10. P. 1371–1378.
11. Almost J.M. et al. A study of leading indicators for occupational health and safety management systems in healthcare // BMC health services research. 2018. T. 18. No. 1. P. 1–7.
12. Nazaripour E. et al. Safety performance evaluation in a steel industry: A short-term time series approach // Safety science. 2018. T. 110. P. 285–290.
13. Lingard H. et al. Leading or lagging? Temporal analysis of safety indicators on a large infrastructure construction project // Safety science. 2017. T. 91. P. 206–220.
14. Cooke D.L., Rohleder T.R. Learning from incidents: from normal accidents to high reliability // System Dynamics Review. 2006. T. 22. No. 3. P. 213–239.
15. Sheehan C. et al. Leading and lagging indicators of occupational health and safety: The moderating role of safety leadership // Accident Analysis & Prevention. 2016. T. 92. P. 130–138.
16. Cadieux J., Roy M., Desmarais L. A preliminary validation of a new measure of occupational health and safety // Journal of Safety Research. 2006. T. 37. No. 4. P. 413–419.
17. Karnachev I.P. et al. Problems and prospects for the formation of a proactive monitoring system for the safety of workers in the mining industry // Industrial safety [Bezopasnost truda v promyshlennosti]. 2020. No. 10. P. 48–54. [In Russ.].
18. Hinze J., Thurman S., Wehle A. Leading indicators of construction safety performance // Safety science. 2013. T. 51. No. 1. P. 23–28.
19. Sinelnikov S., Inouye J., Kerper S. Using leading indicators to measure occupational health and safety performance // Safety science. 2015. T. 72. P. 240–248.
20. Hopkins A. et al. Thinking about process safety indicators // Safety science. 2009. T. 47. No. 4. P. 460–465.
21. Guo B.H.W. et al. Using a pressure-state-practice model to develop safety leading indicators for construction projects // Journal of construction engineering and management. 2017. T. 143. No. 2. P. 04016092.
22. Mousavi S.S., Cudney E.A., Trucco P. Towards a framework for steering safety performance:

A review of the literature on leading indicators // International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics. Springer, Cham, 2017. P. 195–204.

23. Naji G.M. A. et al. Implementation of Leading and Lagging Indicators to Improve Safety Performance in the Upstream Oil and Gas Industry // Journal of Critical Reviews. 2020. T. 7. No. 14. P. 265–269.

24. Saujani M. World-class safety culture: Applying the five pillars of safety // Professional safety. 2016. T. 61. No. 02. P. 37–41.

25. Delatour G. et al. Safety performance indicators: a questioning diversity // Chemical Engineering Transactions. 2014. T. 36. P. 55–60.

26. Hooff R.C., Peterson W.T. Copepod biodiversity as an indicator of changes in ocean and climate conditions of the northern California current ecosystem // Limnology and Oceanography. 2006. T. 51. No. 6. P. 2607–2620.

27. Straub F. Leading ergonomic indicators: their importance in the american workplace, part 2 // Professional Safety. 2018. T. 63. No. 11. P. 44–48.

28. Grabowski M. et al. Accident precursors and safety nets: leading indicators of tanker operations safety // Maritime Policy & Management. 2007. T. 34. No. 5. P. 405–425.

29. Robson L.S. et al. Developing leading indicators from OHS management audit data: Determining the measurement properties of audit data from the field // Journal of safety research. 2017. T. 61. P. 93–103.

30. Costin A., Wehle A., Adibfar A. Leading indicators — a conceptual IoT-based framework to produce active leading indicators for construction safety // Safety. 2019. T. 5. No. 4. P. 86.

31. Guo B.H.W., Yiu T.W. Developing leading indicators to monitor the safety conditions of construction projects // Journal of Management in Engineering. 2016. T. 32. No. 1. P. 04015016.

32. Ozhegov S.I., Shvedova N.Yu. Explanatory Dictionary of the Russian Language. M., 2000. 940 p. [In Russ.].

33. Ushakov D.N. The Big Explanatory Dictionary of the Russian Language: Modern Edition. M., 2008. 959 p. [In Russ.].