

DOI: 10.24000/0409-2961-2023-3-62-67

УДК 620.179.1

© А.Н. Воронцов, В.Ю. Волоховский, 2023

Оперативная оценка технического состояния стальных канатов по данным магнитной дефектоскопии



А.Н. Воронцов,
канд. техн. наук, вед.
сотрудник,
avorontsov@intron.ru

ООО «ИНТРОН ПЛЮС»,
Москва, Россия



В.Ю. Волоховский,
канд. техн. наук,
доцент

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»,
Москва, Россия

Предлагается практический прием оценки технического состояния стальных канатов различного назначения по критерию несущей способности (прочности) с использованием результатов магнитной дефектоскопии. Расчет прочности по напряжениям проводится с использованием структурной механической модели каната. Компьютерным моделированием построены карты состояний, отвечающих различным запасам остаточной прочности канатов с дефектами двух типов (абразивная (коррозионная) потеря несущего сечения и обрывы проволок). Показано, что готовые карты (шаблоны) состояний дают возможность быстро решить задачу о дальнейшей судьбе диагностированного каната: продолжать эксплуатацию с прежней периодичностью контроля, повысить частоту контроля или заменить канат.

Ключевые слова: стальные канаты, магнитная дефектоскопия, потеря сечения, обрывы проволок, расчет прочности, критерий браковки, карта технического состояния каната.

Для цитирования: Воронцов А.Н., Волоховский В.Ю. Оперативная оценка технического состояния стальных канатов по данным магнитной дефектоскопии // Безопасность труда в промышленности. 2023. № 3. С. 62–67. DOI: 10.24000/0409-2961-2023-3-62-67

Prompt Assessment of Wire Ropes Technical Condition Based on Magnetic Testing Data

A.N. Vorontsov, Cand.Sci. (Eng), Lead Specialist, avorontsov@intron.ru (INTRON PLUS, Ltd, Moscow, Russia), V.Yu. Volokhovskiy, Cand. Sci. (Eng), Assoc. Prof. (FGBOU VO NIU MPEI, Moscow, Russia)

Abstract. A combined approach to the prompt analysis of technical condition of steel wire ropes of various functions is proposed. It is based on the bearing capacity (strength) criterion and the magnetic testing results. The principals are stated related to the strength assessment of degraded rope with measured local wire breaks and loss of metallic area due to corrosion (abrasion). After processing the received diagnostic charts the strength analysis is performed by means of appropriate mechanical model in terms of weak element hypotheses used in structure mechanics. Stress analysis gives the conservative strength estimates which will be referred to reliability margin. The stress safety factor is evaluated regarding the steady and cyclic loading. Because the measured data are of random nature and do not account for the distribution of faults at cross-section the statistical modeling of wear location over wires is performed. The total strength decrease is determined by superposition of strength reduction due to metallic area loss, and due to the wire breaks. Thus, the stress safety factor is considered as a probabilistic indicator of the state of the rope strength. The rope in service should be discarded if its stress safety factor becomes less than the empirical allowable strength factor which defines the rope margin of survival capability as a partially worn-out structure. Adjusted for regulatory disposal rules, three categories of worn rope condition are considered: serviceable, with a limited service life, and inoperative. These categories are presented by the green-yellow-red ranges at so-called «rope status map» in specified coordinates «Number of wire breaks — Loss of metallic section». The rope bearing capacity is promptly assessed by placing two mentioned testing data in corresponding position at the status map. An example is given related to the assessment of the status map for the load-carrying cable rod of the well pumping unit. Based on the obtained results the recommendations are formulated for application of the rope status maps as the templates for service personnel concerning further operation.

Keywords: steel rope, magnetic diagnostics, loss of section, broken wire, strength assessment, rejection criteria, rope technical condition, status map.

For citation: Vorontsov A.N., Volokhovskiy V.Yu. Prompt Assessment of Wire Ropes Technical Condition Based on Magnetic Testing Data. *Bezopasnost Truda v Promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2023. № 3. pp. 62–67. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2023-3-62-67

Введение

Различные инженерные сооружения и подъемно-транспортные устройства содержат несущие стальные канаты. Безаварийная эксплуатация этих

объектов во многом зависит от технического состояния канатов. Вследствие статических и динамических нагрузок (особенно внештатных) канаты повреждаются и изнашиваются. Снижается несущая

шая способность (прочность), возникает риск отказа (обрыва) канатов, что может привести к авариям со значительными материальными потерями. Для снижения риска подобных катастроф канаты проходят периодическое обследование с применением средств визуально-измерительного и инструментального неразрушающего контроля (НК). Наибольшее распространение, как за рубежом, так и в Российской Федерации, получил метод магнитного НК [1]. Магнитные дефектоскопы позволяют обнаруживать основные эксплуатационные дефекты, снижающие прочность канатов: потерю сечения (ПС) из-за коррозии и (или) абразивного износа и локальные дефекты (ЛД) — обрывы отдельных проволок. Технология и опыт диагностирования канатов с применением магнитного НК описаны в [2, 3].

Отечественные и зарубежные критерии браковки, принятые в канатной отрасли, сформулированы в терминах допустимого значения ПС и допустимого числа ЛД на контролируемом участке каната с характерными длинами $6d$ или $30d$ (здесь d — диаметр каната) [4, 5]. Эти нормативы построены по рецептурному принципу, имеют неясное происхождение и не содержат ни одного положения или термина, которые касались бы прочности стальных канатов. Остается нерешенным вопрос, заменять канат или нет, когда на контролируемом участке диагностирована комбинация ПС и ЛД, но оба показателя не превышают регламентируемых предельных значений.

Очевидно, что работоспособность каната более правильно оценивать по критерию несущей способности (прочности), который базируется на диагностической информации о текущем износе. Специалисты в области механики канатов неоднократно призывали изменить сложившуюся практику: перейти к оценке технического состояния по расчетному запасу прочности с учетом влияния эксплуатационных дефектов [6]. При этом показатель остаточной прочности каната определяется с помощью подходящей механической модели, входными данными которой являются количественные характеристики фиксируемых ПС и обрывов проволок [7].

Прочностной расчет учитывает картину распределения дефектов на инспектируемом участке каната и позволяет установить местоположение опасного сечения, в котором наиболее вероятно появление разрушения. При периодическом контроле появляется возможность построить зависимость коэффициента запаса прочности каната от его наработки и на основе истории изменения прочности сделать прогноз остаточного ресурса [8]. Этот подход дает наиболее содержательные оценки текущего механического состояния каната, однако для его реализации требуется использование специализированных программных продуктов, например, программ Wintros и Rope Strength, разработанных в ООО «ИНТРОН ПЛЮС». Необходимо, во-первых, преобразовать данные дефектоскопии во входные параметры рас-

четной модели, во-вторых, сделать механический расчет каната. Эти операции требуют наличия компьютера и определенной квалификации персонала для работы с программным обеспечением.

В статье рассматривается более простой с практической точки зрения прием, который на основании данных оперативной дефектоскопии позволяет «здесь и сейчас» оценить работоспособность каната и вынести суждение о возможности его дальнейшей эксплуатации.

Прочностные показатели несущей способности каната с дефектами

Несущая способность рабочего каната с дефектами рассматривается по отношению к наиболее нагруженной проволоке («слабому звену»). При стационарном нагружении коэффициент запаса по напряжениям определяется соотношением:

$$n_s = \sigma_u / \max \sigma, \quad (1)$$

где σ_u — предел прочности материала проволок; $\max \sigma$ — максимальное эквивалентное напряжение в проволоках, вычисленное по теории стальных канатов [9, 10].

При циклически изменяющихся нагрузках естественно допустить, что разрушение каната имеет усталостный характер. В этом случае его несущая способность характеризуется коэффициентом запаса на выносливость:

$$n_f = \sigma_{-1} / (K\sigma_a + \psi\sigma_m), \quad (2)$$

где σ_{-1} — предел выносливости материала проволок при симметричном цикле; K — коэффициент снижения предела выносливости; σ_a , σ_m — соответственно амплитуда и среднее напряжение рабочего цикла нагружения каната; ψ — коэффициент чувствительности металла к асимметрии цикла.

Формула (2) лежит в основе детерминистических методов расчета на усталость при регулярном переменном напряжении деталей машин и конструкций [11]. С учетом возможности потери прочности на первом же цикле нагружения за коэффициент запаса n принимается наименьшее значение из двух оценок (1), (2).

Последовательность операций прочностного расчета сводится к следующим шагам. Вычисляются показатели прочности каната в трех случаях: целого (бездефектного), с заданным распределением потери сечения ΔS и с заданным числом B обрывов проволок в конкретном сечении. Диагностические параметры ΔS и B являются обобщенными показателями деградации каната, так как они не дают информации о расположении дефектов по прядям и группам проволок. По этой причине зависимость прочности каната от картины износа анализируется с помощью статистического моделирования распределения дефектов по сечению. Выборочные реализации представляют

случайные количества оставшихся целых проволок или несущих фрагментов проволок в прядях, которые и определяют агрегатные коэффициенты жесткости поврежденного каната [9]. На основе полученных реализаций вычисляются независимо статистические средние оценки коэффициентов запаса по напряжениям $\langle n_{\Delta S} \rangle$ и $\langle n_B \rangle$.

Относительными показателями снижения прочности сечения каната, ослабленного, с одной стороны, потерей площади по металлу ΔS , с другой — обрывами проволок числом B , являются параметры:

$$\chi_{\Delta S} = 1 - \langle n_{\Delta S} \rangle / n_0;$$

$$\chi_B = 1 - \langle n_B \rangle / n_0,$$

где n_0 — коэффициент запаса целого (бездефектного) каната.

Параметры $\chi_{\Delta S}$ и χ_B соответствуют наиболее вероятным распределениям измеренных величин ΔS и B по проволокам и прядям конкретного сечения.

Благодаря силам трения оборванные проволоки начинают воспринимать такую же нагрузку, что и целые проволоки, на расстоянии, примерно равном трем шагам свивки каната от места обрыва [6]. Относительная потеря прочности каната в сечении с продольной координатой x , вызванная обрывами проволок в сечениях ξ_j ($j = 1, \dots, J$), оценивается величиной:

$$\chi_B(x) = \sum_{j=1}^J \left[1 - \frac{\langle n_B(\xi_j) \rangle}{n_0} \right] G(x - \xi_j),$$

где $G(x - \xi)$ — эмпирическая функция влияния сил трения на потерю работоспособности оборванной проволоки [12].

Результирующая потеря прочности $\chi(x)$ оценивается суммой потерь

$$\chi(x) = \chi_{\Delta S}(x) + \chi_B(x). \quad (3)$$

Несущую способность каната в сечении x характеризует обобщенный показатель прочности

$$n(x) = [1 - \chi(x)]n_0. \quad (4)$$

За коэффициент запаса остаточной прочности работающего каната при его наработке t принимается минимальное значение параметра (4) на контролируемом участке длиной L . Условие надежного функционирования каната выражается требованием:

$$\min_{0 \leq x \leq L} n(x, t) \geq n_*, \quad (5)$$

где n_* — предельно допустимый минимальный запас прочности каната с дефектами. Нарушение условия (5) означает отказ каната. Под отказом понимается

ситуация, требующая замены каната с накопленными дефектами.

Параметр n_* имеет смысл запаса каната по «живучести». Под запасом живучести понимают способность конструкции выполнять, хотя бы частично, свои функции при повреждении или даже разрушении отдельных элементов [13]. Допустимый запас живучести n_* отражает приемлемый риск при эксплуатации каната с учетом износа его отдельных элементов. Он назначается исходя из опыта эксплуатации аналогичных или сходных по конструкции канатов или оценивается аналитически пересчетом нормативных браковочных показателей дефектности.

Карты состояний диагностируемого каната

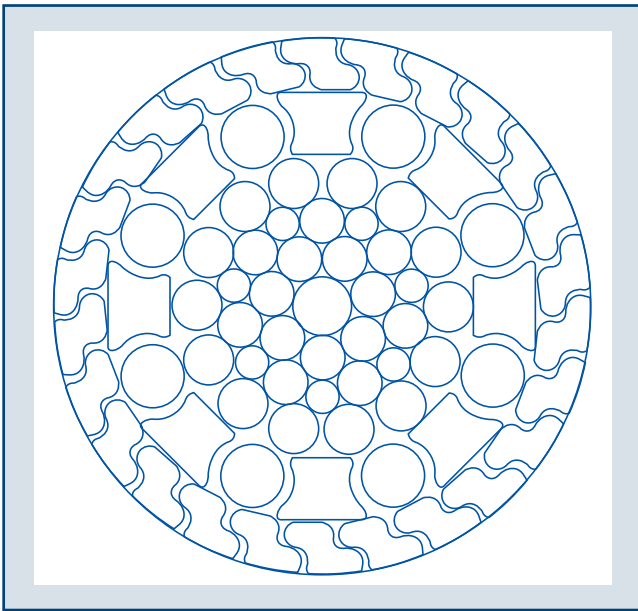
Представление о способности каната к дальнейшей эксплуатации может быть оперативно получено с использованием готовых карт (шаблонов) областей состояний каната с диагностированными дефектами. Каждой области присваивается определенная категория состояния [14]. Границам между смежными областями соответствуют заданные показатели остаточной прочности частично изношенного каната.

С помощью компьютерной программы прочностного расчета можно заранее изготовить серию карт состояний для канатов различных конструкций при различных режимах эксплуатации. Карты строятся в переменных «Число обрывов» — «Потеря сечения» для двух стандартных критериев браковки — на участках длиной $6d$ и $30d$. В расчете принимается равномерное распределение обрывов, при этом опасные сечения с минимальными запасами прочности располагаются посередине рассматриваемых участков.

Техническое состояние каната оценивается одной из трех возможных категорий — «Работоспособное», «Ограниченно работоспособное» и «Неработоспособное». В зависимости от присвоенной по результатам диагностики категории могут быть реализованы различные сценарии: продолжена эксплуатация каната с прежней периодичностью контроля, назначен специальный режим контроля или рекомендована замена каната.

В качестве примера построены области состояний для канатов стандарта СТО-34269720-ТУ 012—2018 «Канаты закрытой конструкции для производства канатной штанги. Технические условия» диаметром $d = 20$ мм конструкции Z26+X8/O8+36, которые являются несущими элементами канатных штанг скважинных насосных установок [15]. Поперечное сечение канатов приведено на рис. 1.

В штатном режиме работы насосной установки канат испытывает циклическую растягивающую нагрузку — при ходе вверх 82 000 Н, при ходе вниз — 40 100 Н. Предел прочности материала внешних Z-проволок равен $\sigma_u = 1370$ Н/мм², предел прочности остальных проволок $\sigma_u = 1570$ Н/мм², предел выносливости при растяжении $\sigma_{-1} = 0,28\sigma_u$, параметр



▲ Рис. 1. Сечение стального каната канатной штанги
▲ Fig. 1. Cross section of the steel rope of the cable rod

$\psi = 0,26$. Исходная расчетная суммарная площадь сечения всех проволок $S = 269,6 \text{ мм}^2$.

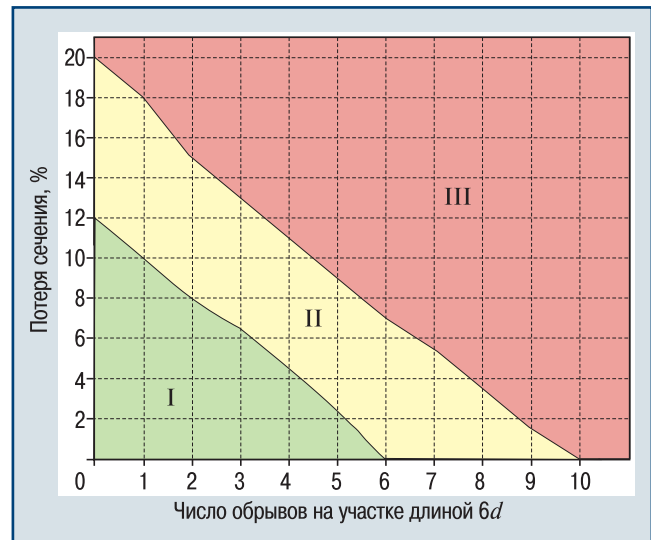
Среди факторов, влияющих на сопротивление усталости, в расчете учитывается концентрация напряжений в проволоках, которая оценивалась конечно-элементным моделированием напряженного состояния нового каната и каната с дефектами. В различных слоях проволок нового каната $K = 1,1-1,25$, для каната с коррозионным износом и обрывами $K = 1,45-1,8$.

При стационарном нагружении усилием 82 000 Н запас прочности нового (бездефектного) каната $n_{30} = 4,6$; в случае циклического нагружения запас прочности $n_0 = 2,51$. Поэтому оценка несущей способности проводится расчетом на выносливость.

Категории «Работоспособное» присвоена допустимая потеря прочности по показателю (3) в 20 %, что соответствует запасу остаточной прочности $n = (1 - 0,2)n_0 = 2$. С учетом случайных динамических нагрузок и других неблагоприятных факторов минимально допустимый запас прочности (живучести) каната с дефектами принимается равным $n_* = 1,75$, что соответствует относительной потере прочности каната 30 %. Эти условия отделяют категорию «Ограниченно работоспособное» от категории «Неработоспособное».

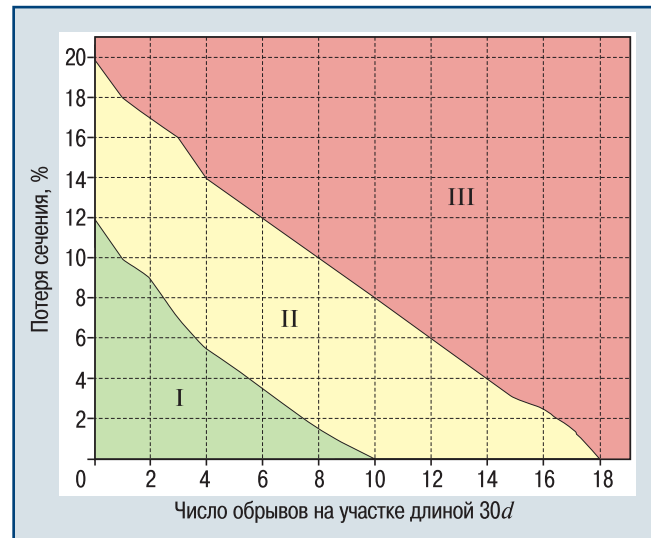
Области технических состояний каната для двух критериев браковки показаны на рис. 2, 3 (здесь I — работоспособное; II — ограниченно работоспособное; III — неработоспособное). На рис. 2, 3 отмечены границы областей состояний: I — потеря прочности $(20 \pm 1) \%$, коэффициент запаса $n = 2 \pm 0,02$; 2 — потеря прочности $(30 \pm 1) \%$, коэффициент запаса $n = 1,75 \pm 0,03$.

Оценка несущей способности каната с наработкой t проводится по динамике снижения прочности



▲ Рис. 2. Области технических состояний каната по критерию износа на длине $6d$

▲ Fig. 2. Areas of technical conditions of the rope according to discard criterion at length $6d$



▲ Рис. 3. Области технических состояний каната по критерию износа на длине $30d$

▲ Fig. 3. Areas of technical conditions of the rope according to discard criterion at length $30d$

на протяжении нескольких инспекций в количественном и качественном смысле. В зеленой зоне карты состояний частично изношенный канат работает в нормальных (допустимых) условиях, его ресурс близок к проектному значению или при наличии дополнительных аргументов может быть даже продлен. В желтой зоне канат еще имеет некоторый запас по живучести, однако требуется более частый его контроль. При попадании в красную зону дальнейшая эксплуатация является рискованной, и канат должен быть заменен. В случае обрыва двух и более Z-проволок внешнего слоя канат подлежит замене независимо от остальных показателей износа [4]. В подобных ситуациях построенные обобщенные критерии не имеют места.

Для оценки технического состояния каната с использованием готовой карты (шаблона) рекомендуется следующий порядок действий:

проконтролировать канат дефектоскопом и проанализировать дефектограммы ПС и ЛД;

на контролируемом участке выбрать «представительные» отрезки длиной $6d$ и $30d$ с ЛД-дефектами и подсчитать на них число обрывов;

по обработанной ПС-дефектограмме на каждом «представительном» отрезке оценить средние значения распределенной потери сечения;

используя соответствующие карты, оценить техническое состояние проинспектированного каната и сделать вывод о возможности его дальнейшей эксплуатации.

Заключение

Предложен практический прием оценки работоспособности стальных канатов по данным магнитного неразрушающего контроля — потере части несущего сечения вследствие истирания и (или) коррозии и обрывам проволок. Для стандартных эмпирических критериев браковки прочностным расчетом построены карты областей состояний каната, которые позволяют оперативно установить его пригодность (непригодность) к дальнейшей эксплуатации.

Хотя прочностные оценки дают лишь общее представление о реальной работоспособности каната, в рамках имеющейся диагностической информации они характеризуют его техническое состояние наиболее объективно. При периодическом контроле показатели прочности указывают обслуживающему персоналу на тенденцию изменения несущей способности каната.

Разработанная методика сокращает объем работ при оценке пригодности диагностируемых канатов к эксплуатации и дает возможность более полного использования их ресурса. Ее можно рекомендовать специалистам, проводящим неразрушающий контроль стальных канатов инженерных сооружений и подъемно-транспортных устройств.

Список литературы

1. Сухоруков В.В., Котельников В.С. Мониторинг состояния стальных канатов автоматизированными средствами технического диагностирования // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 9. С. 72–81. DOI: 10.24000/0409-2961-2019-9-72-81

2. РД 03-348—00. Методические указания по магнитной дефектоскопии стальных канатов. Основные положения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901786599> (дата обращения: 10.01.2023).

3. Sukhorukov V., Slesarev D., Vorontsov A. Electromagnetic inspection and diagnostics of steel ropes: technology, effectiveness and problems // Materials Evaluation. 2014. Vol. 72. № 8. P. 1019–1027.

4. РД РОЭСК 012—97. Канаты стальные. Контроль и нормы браковки. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200088304> (дата обращения: 10.01.2023).

5. ISO 4309:2017(E). Cranes — Wire Ropes — Care, Maintenance, Inspection and Discard. URL: <https://www.sis.se/api/document/preview/922803/> (дата обращения: 10.01.2023).

6. Малиновский В.А. Стальные канаты. В 2 ч. Ч. 1. Одесса: Астропринт, 2001. 188 с.

7. Воронцов А.Н., Волоховский В.Ю. Механическая модель оценки прочности и ресурса стальных канатов грузоподъемных машин по данным диагностики // Справочник. Инженерный журнал. 2012. № 10 (187). С. 37–43.

8. Воронцов А.Н., Волоховский В.Ю., Слесарев Д.А. Прогнозирование индивидуального ресурса стальных канатов // Безопасность труда в промышленности. 2009. № 12. С. 68–73.

9. Глушко М.Ф. Стальные подъемные канаты. Киев: Техника, 1966. 327 с.

10. Costello G.A. Theory of Wire Rope. 2nd Ed. New York: Springer Verlag, 1997. 122 p. DOI: 10.1007/978-1-4612-1970-5

11. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. М.: Машиностроение, 1977. 232 с.

12. Похольченко А.С. Экспериментальное определение потери прочности изношенных канатов // Стальные канаты: сб. Вып. 4. Киев: Техника, 1967. С. 114–116.

13. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1984. 312 с.

14. Мониторинг технического состояния талевых канатов буровых установок эксплуатационного и разведочного бурения нефтяных и газовых скважин: технология, эффективность, перспективы / Д.А. Слесарев, О.П. Потехин, И.И. Шпаков и др. // Безопасность труда в промышленности. 2018. № 6. С. 13–22. DOI: 10.24000/0409-2961-2018-6-13-22

15. Опыт эксплуатации скважин с боковыми стволами малого диаметра насосными установками с канатной штангой в ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь» / В.Н. Ивановский, А.А. Сабиров, А.В. Деговцов и др. // Территория НЕФТЕГАЗ. 2015. № 3. С. 78–87.

References

1. Sukhorukov V.V., Kotelnikov V.S. Monitoring of Steel Ropes Condition with Technical Diagnostics Automated Means. *Bezopasnost Truda v Promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2019. № 9. pp. 72–81. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2019-9-72-81

2. РД 03-348—00. Guidelines for magnetic flaw detection of steel ropes. Basic provisions. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/901786599> (accessed: January 10, 2023). (In Russ.).

3. Sukhorukov V., Slesarev D., Vorontsov A. Electromagnetic inspection and diagnostics of steel ropes: technology, effectiveness and problems. *Materials Evaluation*. 2014. Vol. 72. № 8. pp. 1019–1027.

4. RD ROESK 012—97. Steel ropes. Control and rejection standards. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200088304> (accessed: January 10, 2023). (In Russ.).

5. ISO 4309:2017(E). Cranes — Wire Ropes — Care, Maintenance, Inspection and Discard. Available at: <https://www.sis.se/api/document/preview/922803/> (accessed: January 10, 2023).

6. Malinovskiy V.A. Steel ropes. In 2 parts. Pt. 2. Odessa: Astroprint, 2002. 188 p. (In Russ.).

7. Vorontsov A.N., Volokhovskiy V.Yu. Mechanical model for strength and life-time assessment of tested hoisting ropes. *Spravochnik. Inzhenernyy zhurnal = Handbook. An Engineering Journal*. 2012. № 10 (187). pp. 37–43. (In Russ.).

8. Vorontsov A.N., Volokhovskiy V.Yu., Slesarev D.A. Prediction of the steel ropes individual life-time. *Bezopasnost Truda v Promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2009. № 12. pp. 68–73. (In Russ.).

9. Glushko M.R. Steel hoisting ropes. Kyiv: Tekhnika, 1966. 327 с. (In Russ.).

10. Costello G.A. Theory of Wire Rope. 2nd Ed. New York: Springer Verlag, 1997. 122 p. DOI: 10.1007/978-1-4612-1970-5

11. Kogaev V.P. Strength analysis at the stresses varying in time. Moscow: Mashinostroenie, 1977. 232 p. (In Russ.).

12. Pokholchenko A.S. Experimental determination of the strength loss of worn-out ropes. *Stalnye kanaty: sb. (Steel ropes: collection)*. Iss. 4. Kyiv: Tekhnika, 1967. pp. 114–116. (In Russ.).

13. Bolotin V.V. Prediction of life-time of machines and structures. Moscow: Mashinostroenie, 1984. 312 p. (In Russ.).

14. Slesarev D.A., Potekhin O.P., Shpakov I.I., Volokhovskiy V.Yu., Vorontsov A.N. Monitoring of Technical Condition of the Wire Ropes of Drilling Rigs for Production and Exploratory Drilling of Oil and Gas Wells: Technology, Efficiency, Prospects. *Bezopasnost Truda v Promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2018. № 6. pp. 13–22. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2018-6-13-22

15. Ivanovskiy V.N., Sabirov A.A., Degovtsov A.V., Pekin S.S., Patrushev S.G., Kochin E.V., Popov S.V. Experience in the operation of wells with side holes of small diameter pumping units with the cable rod in LUKOIL-Perm LLC. *Territorija «NEFTEGAZ» = Oil and Gas Territory*. 2015. № 3. pp. 78–87. (In Russ.).

E-mail: avorontsov@intron.ru

Материал поступил в редакцию/ Received 31.01.2023

После рецензирования/ Revised 03.02.2023

Принят к публикации/ Accepted 13.03.2023

По страницам научно-технических журналов

март 2023 г.

Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение и ликвидация (научный журнал)

Перспективы применения воздушных завес в системе противодымной защиты зданий. Анализ требований нормативных документов/ С.П. Калмыков, М.В. Панов, В.Н. Токарев, Н.В. Королева. — 2022. — № 2. — С. 88–93.

По результатам анализа нормативных требований установлено, что в настоящее время не учитывается достаточно большое количество параметров, которые могут существенно влиять на эффективность работы воздушных завес для защиты проемов в условиях пожара. Формулы расчетных методик воздушных завес выведены из уравнений для изотермической струи и не учитывают влияние струи на тепломассообмен в помещении пожара, а также термогазодинамических условий в помещении на струю. Показано, что для определения оптимальных параметров воздушных завес для целей противодымной защиты зданий требуется более подробное исследование тепломассообменных процессов на основе трехмерной математической модели (CFD моделирование) и проведение натурных экспериментальных исследований.

Романюк Е.В., Калиев О.С. Интегрированная система управления безопасностью производств, связанных с обращением горючей пыли. — 2022. — № 3. — С. 27–35.

Предложена концепция интегрированной системы управления безопасностью производства, учитывающая особенности технологического процесса и интегрирующаяся с подсистемами АСУ производства для нейтрализации как локальных аварий, так и аварий, перерастающих в масштабные чрезвычайные

ситуации. Система учитывает особенности основного технологического оборудования и аппаратных решений пылеулавливания, степень автоматизации производства, категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности. На основе анализа информации позволяет разрабатывать последовательность действий для устранения аварии или минимизации ее последствий. Для осуществления задач ИСУБП разработана математическая модель на основе сети Петри. Полученные результаты могут быть использованы для проектировки и совершенствования автоматизированных систем предупреждения аварий, пожаров и взрывов на производствах, связанных с обращением горючей пыли.

Сулименко В.А., Тетерин И.А. Влияние аэродинамических характеристик преград на параметры взрыва газовоздушной смеси. — 2022. — № 3. — С. 56–62.

Показано, что применение в методиках прогноза параметров взрыва газовоздушного облака аэродинамических характеристик преград позволит более точно определить влияние преград на параметры распространения СПГ и параметры взрыва газовоздушной смеси. Предложено дополнить методику расчета параметров взрыва газовоздушного облака коэффициентом, учитывающим влияние аэродинамических характеристик препятствия на видимую скорость распространения фронта пламени.

Перераспределение государственных ресурсов на обеспечение пожарной безопасности в России/ О.В. Кружкова, Е.К. Кузнецова, Т.Н. Соловьева и др. — 2021. — № 2. — С. 110–117.

Предпринята попытка оценки источников финансового обеспечения пожарной безопасности на государственном уровне. Разработан алгоритм процедуры планирования бюджетных ассигнований МЧС России.