

УДК 658.5 : 658.345

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ НЕКОРРЕКТНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

© 2023 Р.Н. Пигилова¹, Т.В. Малышева², Ю.А. Аверьянова¹, Ф.М. Филиппова¹¹ Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия² Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

Статья поступила в редакцию 15.03.2023

В данной статье представлен анализ аварийности на производстве с целью обеспечения непрерывной работы предприятия. Рассмотрено воздействие потенциально опасных производственных факторов на человека на примере химической промышленности. Проведен анализ статистических данных по аварийным ситуациям в электроэнергетике за последние семь лет. Предложен комплекс мер предупреждения аварий, состоящий из пяти основных групп мероприятий: законодательные, технические, организационные, экономические, медико-профилактические. Одним из лучших и перспективных вариантов по снижению производственных рисков является автоматизированная система управления (АСУ), к преимуществам которой относятся сокращение непроизводительных расходов и потерь энергоресурсов, получение достоверной информации о ходе технологического процесса, состоянии оборудования и средств управления с целью быстрой ликвидации ненормальных аварийных и послеаварийных режимов.

Ключевые слова: авария, промышленные предприятия, организация производства, автоматизированная система управления, риски, анализ рисков, виды аварий.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-2-27-33

EDN: DADYKI

Промышленные предприятия являются сложным инженерно-техническим комплексом. Природа аварий на предприятиях может быть различна, поэтому высокий уровень организации производства является важным компонентом снижения аварийности.

Обеспечение непрерывности работы предприятия и безопасности работающего персонала является одной из главных задач при организации производства. Внезапные остановки оборудования, вызывающие нарушение производственного цикла, имеют такие же негативные последствия для предприятия, что и несчастные случаи на производстве. Поэтому важно предотвратить производственные риски в обоих указанных направлениях [1].

При организации производства нужно сделать анализ производственных рисков. Проведение анализа позволяет выявить узкие места в организации производства и техники безопасности, сосредоточиться именно на тех на-

правлениях, которые потенциально могут нанести наибольший вред. Анализ и управление производственными рисками осуществляются на основе их классификации и причин возникновения. При этом рассчитываются наиболее вероятное место и сфера возникновения, определяется характер потенциальных последствий и величина возможных потерь [2]. Анализ проводится в двух направлениях:

- исследование рисков для людей
- исследование рисков для оборудования

Для промышленных предприятий самым критичным вариантом являются несчастный случай с летальным исходом либо авария, несущая угрозу для жизни или здоровья персонала [3]. Очевидно, что каждый из этих случаев является чрезвычайной ситуацией (ЧС), которая имеет свои причины. В таблице 1 указаны ЧС, спровоцированные определенными событиями.

Для производства наиболее характерным видом чрезвычайной ситуации является техногенная авария/катастрофа, причиной которой могут являться различные потенциально опасные факторы производственной среды. В таблице 2 представлены производственные факторы, место их локализации, воздействие на человека и соответствующие нормативные документы.

В организации производства все эти факторы должны учитываться с целью последующих профилактических мероприятий.

Существует не менее важный риск на производстве, такой как поломка оборудования,

Пигилова Роза Нилевна, преподаватель кафедры «Инженерная экология и безопасность труда».

E-mail: rozapigilova@yandex.ru

Малышева Татьяна Витальевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры логистики и управления.

E-mail: tv_malysheva@mail.ru

Аверьянова Юлия Аркадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная экология и безопасность труда». *E-mail: filipova.fm@kgeu.ru*

Филиппова Фарид Мизхатовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная экология и безопасность труда». *E-mail: filipova.fm@kgeu.ru*

Таблица 1. Виды и причины аварийных ситуаций

Вид чрезвычайной ситуации	Причины
Природная	Неожиданные катаклизмы
Техногенная	Износ техники, ошибка в проектировании или некорректная установка оборудования
Смешанная	Участвуют оба фактора

Таблица 2. Потенциально опасные факторы производства для предприятий химической промышленности

Опасные и вредные производственные факторы	Место действия	Воздействие на человека	Нормативные документы
Токсичные вещества, применяемые в технологических процессах	Химический цех	Отравление химическими веществами, химические ожоги	ГОСТ Р 58473-2019
Взрыво- и пожароопасные вещества	Химический цех, склады	Термические и химические ожоги, механические травмы	ГОСТ 12.1.044-2018
Взрывоопасное оборудование	Трубопроводы, котельные	Термические и химические ожоги, механические травмы	ГОСТ 31610.0-2019
Движущие машины и механизмы	Погрузочно-разгрузочный цех, цех упаковки	Механические травмы	ГОСТ 2582-2013 ГОСТ 33166.1-2014
Наличие шума и вибрации	Технологическое оборудование химического цеха, цеха подготовки сырья и др.	Расстройства центральной нервной системы (ЦНС), сердечно сосудистой системы (ССС), тугоухость, виброболезнь	ГОСТ 12.1.003-2014 ГОСТ 12.1.012-2004
Наличие высокого электрического напряжения	Оборудование электрической подстанции	Электротравмы, электрические травмы, механические травмы	ГОСТ 12.1.019-2017
Наличие повышенной температуры	Отдельные производственные участки технологического процесса	Термические ожоги	ГОСТ Р 12.4.297-2013

которая влечет за собой простой технологического процесса. К такому риску могут привести те же чрезвычайные ситуации, которые были указаны выше. Но, если природные катаклизмы невозможно предвидеть и противостоять им, то техногенных остановок можно избежать. Чтобы предотвратить производственные аварии, необходимо регулярно проводить технический осмотр всего оборудования с целью своевременного выявления изношенных деталей и узлов. Для обследования техники рекомендуется использовать приборы, способные обнаружить как микроскопические, так и макроповреждения.

На промышленных предприятиях имеются сотрудники, которые проводят оценку производственных рисков. Однако мало оценить текущее состояние и выявить участки потенциальных проблем. Необходимо разработать такие меры, снижающие опасность производственных аварий и несчастных случаев.

В организации управления системой энергообеспечения предприятия нужны мероприятия, создающие условия для корректной работы производства в любых условиях (рисунок 1).

Одним из лучших вариантов по снижению производственных рисков является автоматизация технологических процессов. Такие автоматические комплексы осуществляют полный производственный цикл по изготовлению продукции, сохраняя свою производительность даже при неблагоприятных внешних изменениях. Гибкая производственная система оперативно реагирует на прогнозируемые и непрогнозируемые обстоятельства и адаптируется к ним. При необходимости могут изменяться порядок выполнения технологических операций, корректироваться дизайн, упрощаться сборочный процесс [4].

Более крупные предприятия помимо АСУТП (автоматизированная система управления технологическим процессом) используют комплекс автоматизированных систем управления (АСУ),

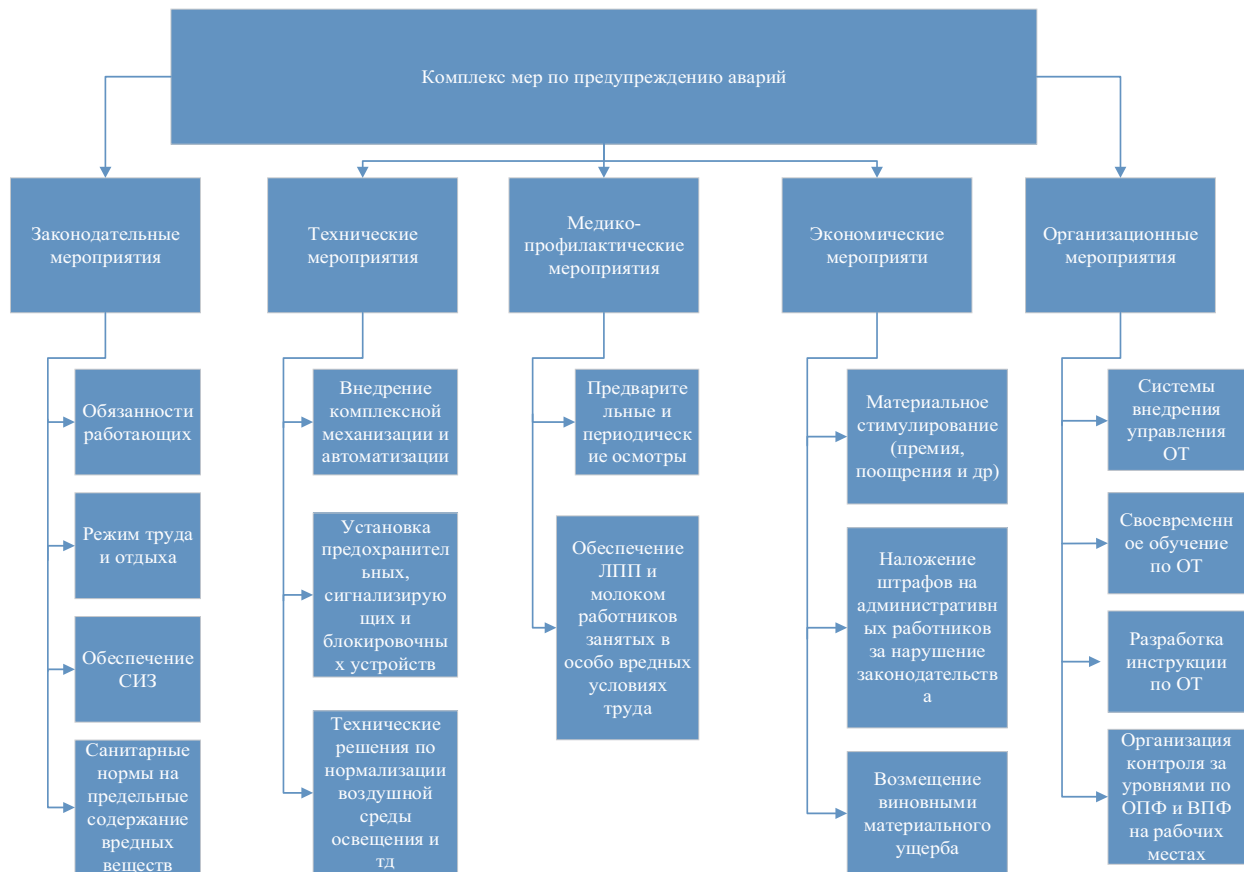


Рис. 1. Мероприятия по предупреждению аварий

в который чаще всего также входят автоматизированная система контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ), корпоративная система передачи данных (КСПД) и др.

Внедрение АСУ является ключевым фактором, который позволяет повысить уровень надежности эксплуатируемого оборудования, своевременно предоставлять достоверную информацию о ходе технологического процесса, состоянии оборудования и средств управления с целью быстрой ликвидации ненормальных аварийных и послеаварийных режимов [5], снижении непроизводительных расходов и потерь энергоресурсов, а также об обеспечении персонала ретроспективной технологической информацией (архивация событий, расчет показате-

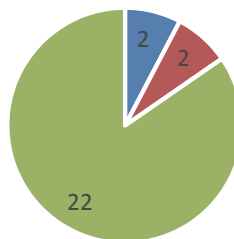
лей для анализа, оптимизация и планирование работы оборудования и его ремонта) [6].

По статистике 2021 года по направлению государственного энергетического надзора произошло 26 аварий [7,8,9]. В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 28.10.2009 № 846 «Об утверждении правил расследования причин аварий в электроэнергетике» Ростехнадзором расследовались 26 аварий, из них

- на электроустановках потребителей – 2;
- на тепловых электростанциях – 2;
- на объектах электросетевого хозяйства – 22

(рис 2).

За аналогичный период 2020 года произошло 20 аварий (18 аварий на объекте электростан-



- на электроустановка потребителей
- тепловые электростанции
- на объектах электросетевого хозяйства

Рис. 2. Распределение аварий по видам объектов энергетики за 2021 год

нергетики, и 2 аварии в сфере теплоснабжения). Таким образом, отмечается значительный рост общего количества аварий на 30 % (6 аварий) по сравнению с аналогичным периодом 2020 года.

При анализе аварийности за семь лет на энергетических производствах выявлены определенные закономерности (рис 3). Как видно из рисунка 3 наблюдается положительная динамика снижения аварийности.

На рисунке 4 представлено распределение аварийных ситуаций в энергетике по федеральным округам РФ за двух летний период.

С 1 января по 31 декабря 2021 года происходили аварии, классифицируемые по следующим признакам (рис. 5).

Из рисунка 5 видно, что наибольшую долю составляют отключения генерирующего оборудования или объектов электросетевого хозяйства, приводящие к снижению надежности энергосистемы (29,20 %), а также нарушение работы средств диспетчерского и технологического управления, повлекшие прекращение связи между диспетчерским центром субъекта оперативно-диспетчерского управления в элек-



Рис. 3. Анализ показателей аварийности в динамике 2015-2021 гг.

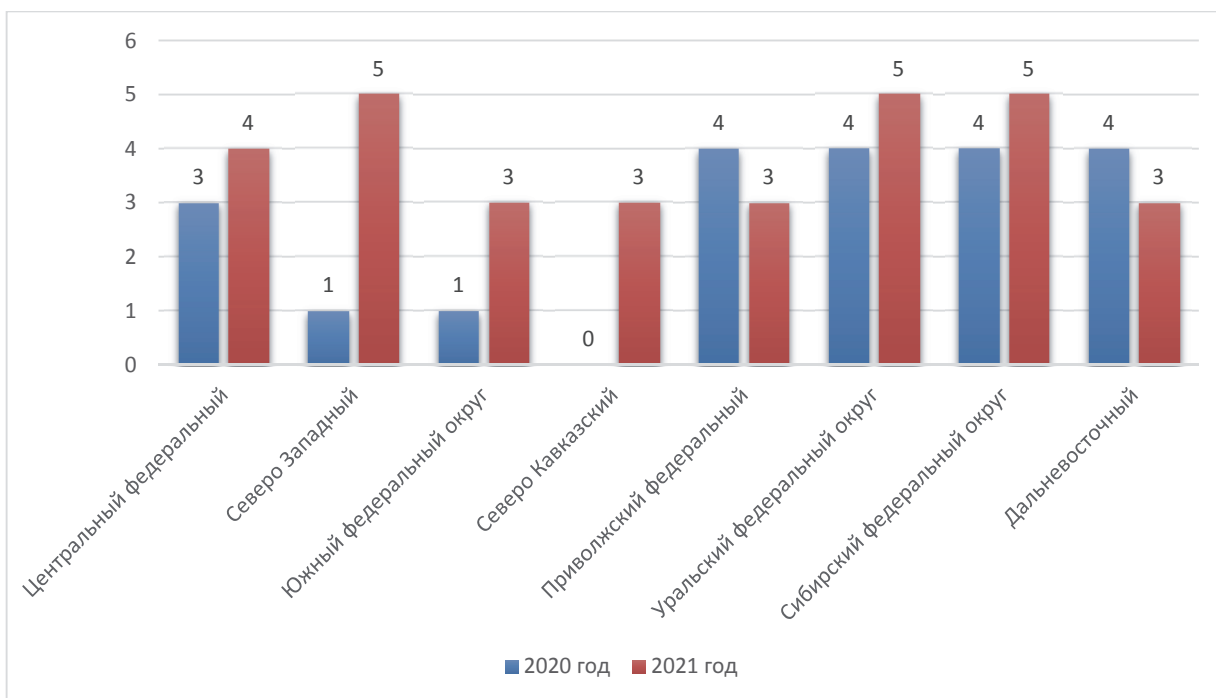


Рис. 4. Распределение аварий, произошедших при эксплуатации электростанций, электрических сетей, тепловых установок и сетей, и гидротехнических сооружений в 2020-2021 годы по федеральным округам Российской Федерации



Рис. 5. Классификация причин аварий, произошедших в 2021 году

Таблица 3. Взаимосвязь несовершенства в организации систем управления предприятием с причинами возникновения аварий в энергетике

Недостатки в организации систем управления	Основные причины аварий
Слабый контроль за техническим состоянием средств диспетчерской связи и организации их эксплуатации	Потеря диспетчерской связи и передачи телеметрической информации
Ненадежный уровень организации производства работ по ремонту энергооборудования	Нарушение в работе противоаварийной или режимной автоматики, обусловленное ошибочными действиями персонала Неисправность релейной защиты и автоматики
Отсутствие контроля за соблюдением инструктажей по охране труда	Ошибочные действия персонала вызвавшие отключение объекта электросетевого хозяйства
Несоблюдение сроков эксплуатации оборудования	Износ оборудования в процессе длительной эксплуатации
Низкий уровень организации производства работ на электрических установках	Нарушение технологии производства работ, установленной локальными нормативными документами Ненадлежащий контроль за осуществлением мероприятий по установке и монтажу системы принудительной вентиляции и вспомогательного электрооборудования Нарушение работниками рабочих, производственных и должностных инструкций
Высокий уровень ошибок при внедрении в производство нового оборудования	Неправильная работа средств режимной и аварийной автоматики из-за проектных ошибок, отклонений от проектов в процессе монтажа и эксплуатации оборудования Производственные дефекты оборудования, приводящие к механическим повреждениям, разрушениям оборудования и возможному возгоранию

троэнергетике (22,50 %). Каждое оставшееся из произошедших нарушений бесперебойной работы в энергосистеме за 2021 год не превышает 16 % от общего количества.

Все вышеперечисленные нарушения могут происходить в результате несовершенства организации систем управления предприятием, которые, в свою очередь, являются предпосылками возникновения аварий на предприятиях (табл. 3).

Таким образом, для обеспечения высокого уровня организации производством необходимо, в первую очередь, произвести анализ причин аварий и потенциальных производственных рисков [10]. На основании этого следует разработать меры, позволяющие снизить опасность возникновения аварий и несчастных случаев. Наиболее перспективным и современным мероприятием является внедрение автоматизированной системы управления (АСУ), которая выбирается, непосредственно, промышленным объектом с целью:

- повышения надёжности и экономичности работы за счёт сокращения времени обнаружения неисправностей в результате постоянной диагностики и получения информации об аварийных отключениях и сбоях;

- увеличения производительности и улучшение качества труда эксплуатационного персонала за счёт роста информированности о неисправностях и повышения качества формирования оперативной информации;

- обеспечения высокого уровня автоматизации для контроля и управления оборудованием за счёт использования современной микропроцессорной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ причин аварий на энергоустановках, подконтрольных органам Ростехнадзора за 2021 год [Электронный ресурс] – [2021]. – URL: http://szap.gosnadzor.ru/activity/energonadzor/nesc_sluch/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%20%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B9%20%D0%B7%D0%B0%202021.pdf (дата обращения: 07.02.2023).
2. *Мальшева, Т.В.* Организация логистических процессов производства в целях повышения конкурентных преимуществ предприятия / Т. В. Мальшева // Теория и практика организации промышленного производства. Эффективность организации и управления промышленными предприятиями: проблемы и пути решения: Материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж, 14–15 ноября 2017 года / Воронежский государственный технический университет. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. – С. 187-191. – EDN XRJRBJ.
3. *Хацько, М.С.* Оценка профессионально-производственных факторов риска аварий на промышленных предприятиях / М. С. Хацько // Научный вестник НИИГД Респиратор. – 2022. – № 3(59). – С. 73-80. – EDN GRTZON.
4. *Смышляева, Е.Г.* Управление энергообеспечением энергоёмкого промышленного предприятия в современных рыночных условиях / Е. Г. Смышляева. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2009. – № 5 (5). – С. 81-86. – URL: <https://moluch.ru/archive/5/386/> (дата обращения: 20.12.2022).
5. Автоматизированные системы управления. Информация и модели структур управления. – М.: Наука, 2022. – 336 с.
6. Автоматизация проектирования вычислительных систем. Языки, моделирование и базы данных / Digital System design automation: languages, simulation & data base. – М.: Мир, Мир, 2020. – 464 с.
9. Анализ аварийности в электроэнергетике. – Текст: электронный // Ростехнадзор: [сайт]. – URL: <https://tke-moscow.ru/news/1644571195/> (дата обращения: 07.12.2022).
9. *Галеев, А.Д.* Анализ риска аварий на опасных производственных объектах: учебное пособие / А.Д. Галеев, С.И. Поникаров. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2017. – 152 с.
9. Уроки, извлеченные из аварий. – Текст: электронный // Ростехнадзор: [сайт]. – URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/2021-god/index.php> (дата обращения: 25.12.2022).
10. *Иванов, И.Н.* Организация производства в 2 ч. Часть 2: учебник для СПО / И. Н. Иванов [и др.] ; под ред. И. Н. Иванова. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 174 с.

STATISTICAL ANALYSIS OF ACCIDENTS AT WORK AS A RESULT OF INCORRECT FUNCTIONING OF THE ENERGY SUPPLY SYSTEM OF THE ENTERPRISE

© 2023 R.N. Pigilova¹, T.V. Malysheva², Y.A. Averyanova¹, F.M. Filippova¹

¹ Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

² Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

This article presents an analysis of industrial accidents in order to ensure the continuous operation of the enterprise. The impact of potentially hazardous production factors on a person is considered on the example of the chemical industry. The analysis of statistical data on emergency situations in the electric power industry over the past seven years has been carried out. A set of measures to prevent accidents is proposed, consisting of five main groups of measures: legislative, technical, organizational, economic, medical and preventive. One of the best and promising options for reducing production risks is an automated control system (ACS), the advantages of which include reducing unproductive costs and energy losses, obtaining reliable information about the progress of the technological process, the condition of equipment and controls in order to quickly eliminate abnormal emergency and post-emergency modes.

Keywords: accident, industrial enterprises, production organization, automated control system, risks, risk analysis.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-2-27-33

EDN: DADYKI

REFERENCES

1. Analiz prichin avarij na energoustanovkah, podkontrol'nyh organam Rostekhnadzora za 2021 god [Elektronnyj resurs] - [2021].- URL: http://szap.gosnadzor.ru/activity/energonadzor/nesc_sluch/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%20%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B9%20%D0%B7%D0%B0%202021.pdf (data obrashcheniya: 07.02.2023).
2. Malysheva, T.V. Organizatsiya logisticheskikh processov proizvodstva v celyah povysheniya konkurentnyh preimushchestv predpriyatiya / T. V. Malysheva // Teoriya i praktika organizatsii promyshlennogo proizvodstva. Effektivnost' organizatsii i upravleniya promyshlennymi predpriyatiyami: problemy i puti resheniya: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. Voronezh, 14–15 noyabrya 2017 goda / Voronezhskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet. – Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2017. – S. 187-191. – EDN XRJRBJ.
3. Hac'ko, M. S. Ocenka professional'no-proizvodstvennyh faktorov riska avarij na promyshlennyh predpriyatiyah / M. S. Hac'ko // Nauchnyj vestnik NIIGD Respirator. – 2022. – № 3(59). – S. 73-80. – EDN GRTZOH.
4. Smyshlyayeva, E. G. Upravlenie energoobespecheniem energoemkogo promyshlennogo predpriyatiya v sovremennyh rynochnykh usloviyah / E. G. Smyshlyayeva. – Tekst : neposredstvennyj // Molodoy uchenyj. – 2009. – № 5 (5). – S. 81-86. – URL: <https://moluch.ru/archive/5/386/> (data obrashcheniya: 20.12.2022).
5. Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya. Informatsiya i modeli struktur upravleniya. – M.: Nauka, 2022. – 336 s.
6. Avtomatizatsiya proektirovaniya vychislitel'nykh sistem. YAzyki, modelirovanie i bazy dannykh / Digital System design automation: languages, simulation & data base. – M.: Mir, Mir, 2020. – 464 s.
7. Analiz avarijnosti v elektroenergetike. – Tekst: elektronnyj // Rostekhnadzor: [sajt]. – URL: <https://tke-moscow.ru/news/1644571195/> (data obrashcheniya: 07.12.2022).
8. Galeev, A.D. Analiz riska avarij na opasnykh proizvodstvennykh ob'ektah: uchebnoe posobie / A.D. Galeev, S.I. Ponikarov. – Kazan': Izd-vo KNITU, 2017. – 152 s.
9. Uroki, izvlechenyye iz avarij. – Tekst: elektronnyj // Rostekhnadzor: [sajt]. – URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/2021-god/index.php> (data obrashcheniya: 25.12.2022).
10. Ivanov, I.N. Organizatsiya proizvodstva v 2 ch. CHast' 2: uchebnik dlya SPO / I. N. Ivanov [i dr.] ; pod red. I. N. Ivanova. – M.: Izdatel'stvo YUrajt, 2019. – 174 s.

Rosa Pigilova Lecturer the Department «Engineering Ecology and Labor Safety». E-mail: rozapigilova@yandex.ru

Tatyana Malysheva, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Logistics and Management. E-mail: tv_malysheva@mail.ru

Yuliya Averyanova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Engineering Ecology and Labor Safety». E-mail: filippova_fm@kgeu.ru

Farida Filippova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Engineering Ecology and Labor Safety». E-mail: filippova_fm@kgeu.ru