

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.И. Шинкевич
М.Е. Надеждина

ashinkevich@mail.ru
frida333@mail.ru

ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань, Российская Федерация

Аннотация

Четвертая промышленная революция способствует коренному переходу химико-технологических систем к новому пятому технологическому укладу. Радикальное преобразование цепочек создания добавленной ценности путем цифровизации процессов и продуктов химико-технологических систем ставит актуальный вопрос кадрового обеспечения в динамично изменяющихся условиях. В ходе изучения процессов цифровизации нефтехимических производств выявлен низкий уровень оценки эффективности цифровизации производственных процессов. Рассмотрены подходы к оценке организации производства, некоторые показатели оценки эффективности цифровизации на промышленных предприятиях, методика диагностики технологического развития дискретных производств непрерывного типа. Предложена методика оценки эффективности цифровизации производственных процессов непрерывного типа, в частности нефтехимических предприятий. Приведена система показателей организации цифрового основного и вспомогательного производств, сгруппированных в интегральный показатель. Предложенная методика лежит в основе информационной системы мониторинга уровня цифровизации производственных процессов нефтехимического предприятия и является важным инструментом в реализации стратегии цифровой трансформации предприятий

Ключевые слова

Эффективность, производственные затраты, цифровая модернизация, интегральный показатель, цифровое производство, организация производства

Поступила 28.04.2020
Принята 08.09.2020
© Автор(ы), 2021

Исследование выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации при государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации № НШ-2600.2020.6

Введение. В настоящее время руководство предприятий в процессе стратегического управления применяет инструменты бенчмаркинга, что позволяет определить место предприятия в конкурентной среде и понять

уровень и направление развития производственных систем и технологий. Стратегический и тактический анализы показателей и индикаторов эффективности производственных процессов предприятия служат основой для совершенствования механизмов организации производства. Однако при высоком уровне разработок применения инструментария концепции «Индустрия 4.0» в недостаточной степени рассмотрена методика оценки эффективности внедрения решений данной концепции. В настоящей работе изложена разработанная авторами методика оценки готовности и продвижения химико-технических систем по уровням цифровизации.

Эффективность цифровизации производственных процессов заключается в оптимизации критериев, таких как рост качества продукции и эффективность использования инфраструктуры, повышение производительности производственных линий, снижение производственных и трудовых затрат, что влечет за собой изменение параметров в модели стратегической прибыли. Интегральный критерий стремится к максимуму при цифровизации производственных процессов. Это указывает на то, что грамотная стратегия цифровизации внесет весомый вклад в стратегию организации и максимизирует основной целевой показатель деятельности любого предприятия — доходность собственного капитала (рис. 1).

Алгоритм определения эффективности по стратегической модели прибыли носит актуальный характер, однако с точки зрения организации производства не раскрывает технических показателей деятельности нефтехимического предприятия. Рассмотрим методику оценки эффективности организации производства на предприятии нефтехимической промышленности.

Главная цель стратегического управления производственными процессами нефтехимических и химических предприятий — производство конкурентоспособной продукции при рациональном использовании производственных ресурсов, непрерывное совершенствование производственно-технической базы предприятия и поддержание творческой активности сотрудников основного и вспомогательного производств. Производственная система нефтехимического предприятия с целевым ориентиром на выпуск нефтехимической продукции при достижении плановых показателей эффективности производственных процессов состоит из объективно существующих комплексов производственных зданий, персонала, организации управления производственными, инновационными и информационными потоками. В управлении промышленным предприятием обычно под эффективностью имеют в виду показатели деятельности системы, характеризующие ее производительность и экономичность. Далее приведена форму-

ла оценки эффективности организации производства на промышленном предприятии:

$$\Theta_{o.п} = \lambda V_T / \lambda_з, \tag{1}$$

где λV_T — прирост объема товарной продукции за какой-либо период;
 $\lambda_з$ — прирост производственных затрат за тот же период.



Стратегическая модель прибыли

Учитывая приведенное выражение (1) можно предложить формулу оценки эффективности организации производства с применением инструментов концепции «Индустрия 4.0»:

$$\Theta_{\text{о.п 4.0}} = \lambda V_T / \lambda_{\text{з.и}}, \quad (2)$$

где λV_T — прирост объема товарной продукции за какой-либо период; $\lambda_{\text{з.и}}$ — увеличение затрат на применение и внедрение инструментов для повышения эффективности организации производства.

Инструментами концепции «Индустрия 4.0» в области организации производства могут выступать технологические решения, несущие эффект от применения для всей производственной системы предприятия и производимой в ее границах продукции.

Оценить эффективность применения технологического решения в производственной системе можно по следующим показателям: рост производительности труда; понижение трудоемкости продукции и расходов материалов на единицу продукции; повышение объема производства; уменьшение производственных площадей и др.

В работе [1] предложена несколько иная формула оценки эффективности организации производства:

$$\Theta_{\text{о.п}} = (1 - T_{rg} / T_{ag}) \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где T_{rg} и T_{ag} — общие трудоемкости по относительной и абсолютной шкале времени. Отметим принципиальную важность применения шкалы времени при организации производства. Показатели общей трудоемкости по относительной и абсолютной шкале времени рассчитываются по формуле:

$$T_{rg} = \sum_{a,b} t_{prd_ab} (1 - k_{\text{o}_{a,b}}), \quad (4)$$

где $\sum_{a,b} t_{prd_ab}$ — производственная трудоемкость a -й производственной системы b -го производственного места; t_{prd_ab} — производственная трудоемкость; $k_{\text{o}_{a,b}}$ — коэффициент перекрываемости выполняемых процессов;

$$V_{p,t} = T_{ag} / T_{rg}. \quad (5)$$

Идентификация организации производства с использованием математического аппарата позволяет считать критерием эффективности максимизацию скорости выполнения производственного задания и эффективность организации производства, стремящуюся к 100 % [1].

Функциональная область производственной деятельности имеет план производства в соответствии с целями и стратегией предприятия при минимизации потерь производственных ресурсов и повышении коэффициента полезного действия производственной системы [2].

Традиционно сложившееся свойство надежности производственной системы является важнейшим в химической промышленности и подразумевает бесперебойное функционирование предприятия в течение определенного времени [3]. Поддержание надежности производственной системы — важнейший критерий эффективности организации производства. Принцип надежности в производстве означает обеспечение требуемого объема работ в соответствии с плановыми показателями выпуска химической продукции надлежащего качества в заданный интервал времени.

Стабильность функционирования производственной системы в условиях воздействия внешней и внутренней среды при использовании тех значений ресурсов, которые были запланированы, определяется общесистемным свойством устойчивости. Организация производственной системы заключается в том, чтобы заложить в нее необходимое множество стабилизирующих факторов [2].

Динамизм и переменчивость условий внутренней и внешней среды определяет адаптивность функционирования производственного предприятия. Свойство адаптивности системы содержит в себе возможность сохранения работоспособности в период незапланированных изменений внешней среды и производственной системы. Адаптация является показателем организованности управления и производства. Это означает, что организация производства на предприятии влияет на адаптационные свойства системы. Целью адаптивного функционирования производственной системы является способность в минимальные сроки при минимальных затратах изменить объемы или номенклатуру выпускаемой химической продукции в соответствии с условиями внутренней и внешней среды предприятия.

Уровень взаимодействия и организованности подсистем и элементов производственной системы влияет на реализацию общесистемных свойств организации производства химической продукции. Таким образом, можно говорить о следующей зависимости: с одной стороны, общесистемные характеристики повышают эффективность организации производства, а с другой — увеличение уровня организованности способствует росту уровня надежности, адаптивности и стабильности производственной системы, вследствие чего повышается эффективность производственного процесса. Следует отметить, что группа данных свойств не может являться универсальным набором критериев оценки эффективности организации производственного процесса.

Индикаторами эффективности организации производства также могут быть показатели гибкости, надежности и безопасности производства, про-

должительность производственного цикла, качество продуктов незавершенного и завершенного производств. В последние годы все активнее разворачивается кампания по защите окружающей среды от последствий воздействия человечества на природу и мировую экосистему [4]. Отметим, что производители нефтехимической продукции ведут учет бракованной продукции. Для этого существует специальный показатель — доля забракованного сырья на всю продукцию за год.

Нефтехимические и химические производства воздействуют на окружающую среду. Поэтому критериями эффективности организации нефтехимического и химического производств также можно считать показатели защиты экосистемы от загрязнений и выбросов производственных систем; процент переработки брака; процент технологических мероприятий, выполняемых в интересах охраны окружающей среды, и т. д.

Вопросы разработки методологии комплексной оценки производственного предприятия, работающего в условиях четвертой промышленной революции, рассмотрены в [5]. Данная методика разработана с учетом ее применения в машиностроительных корпорациях, а для предприятий нефтехимической промышленности она не учитывает некоторого технологического лидерства в области машиностроения, устаревших производственных мощностей нефтехимических и химических предприятий и т. д. Но упоминание о данной методике необходимо, поскольку именно в ней затрагивается возможность оценки эффективности и моделирования стратегического развития цифрового производства. В работе [5] предложено устанавливать потенциал развития предприятия и определять цели совершенствования предприятия с применением комплексной модели оценки степени развития цифрового производства по 15 основным технологическим направлениям. Необходимо отметить, что машиностроительные предприятия имеют дискретные типы производств, а нефтехимические предприятия — непрерывные типы, что вызывает необходимость различной спецификации подходов к организации производства.

Результаты. Разработанная методика предполагает комплекс оценки уровня цифровизации технологических процессов. Очевидным индикатором промышленной революции считается рост производительности труда. Для четвертой промышленной революции характерно применение цифровых технологий в организации производства, поэтому для оценки эффективности организации цифрового производства справедливо воспользоваться показателем процента прироста производительности труда от применения цифровых технологий. Для расчета процента прироста

производительности труда (Z) от применения цифровых технологий и активов используется следующая формула:

$$Z = (((ТП + \lambda_{ТП}) / (Ч + \lambda_{ч})) - 1) \cdot 100 \%, \quad (6)$$

где $ТП$ — объем товарной продукции предприятия до момента цифровизации; $\lambda_{ТП}$ — изменение объема товарной продукции предприятия за счет цифровизации; $Ч$ — среднесписочная численность персонала до момента цифровизации; $\lambda_{ч}$ — изменение численности персонала за счет цифровизации [6].

Объем товарной продукции до цифровизации предполагается рассчитывать как средний объем товарной продукции за длительный период, минимальное значение которого 6 лет. Таким образом, $\lambda_{ТП}$ рассчитаем по формуле:

$$\lambda_{ТП} = (\sum_n ТП) / n, \quad (7)$$

где n — число периодов.

Организация производства в условиях цифровизации требует ряда затрат [7]. Предполагаем установить твердую ставку, выделяемую на организацию цифрового производства, выраженную в процентах к общей сумме производственных затрат. Формула конечного значения затрат M на организацию цифрового производства будет иметь вид:

$$M = N + (NP), \quad (8)$$

где N — значение производственных затрат за период; P — процент затрат на цифровизацию производства.

Производственные затраты включают в себя затраты на основное и вспомогательное производства [6]. Формула производственных затрат следующая:

$$N = N_o + N_v, \quad (9)$$

где N_o и N_v — затраты на основное непрерывное и вспомогательное дискретное производства.

Основное производство — это часть производственного процесса по выпуску продукции. Важным критерием при планировании затрат является возможность контроля эффективности мониторинга затрат в ходе производства. Методы планирования затрат имеют прямую зависимость с технологической цепочкой, конечной продукцией и организацией производства [8]. Особенностью планирования основных производственных затрат в нефтехимической и химической промышленности также является

включение повышенных расходов в период освоения новой продукции. В нашем случае данный вид расходов отнесем к графе прочие затраты. Формула затрат на основное производство имеет вид

$$N_o = H + J + K + L + O, \quad (10)$$

где H — материальные затраты; J — оплата труда; K — отчисления на социальные нужды; L — амортизация; O — прочие затраты.

Вспомогательное производство служит опорой основного производства путем обеспечения его электроэнергией, сжатым воздухом, паром, а также ремонтным обслуживанием, транспортными средствами и т. п. [9]. В качестве значения затрат вспомогательного производства принимаем

$$N_b = A + B + C + D + E + G, \quad (11)$$

где A и B — основные средства и незавершенный капитал на машины и оборудование; C и D — основные средства и незавершенный капитал на транспортные средства; E и G — основные средства и незавершенный капитал на инвентарь.

Будет справедливо оценить эффективность цифровизации по приведенным метрикам путем формирования интегрального показателя эффективности внедрения инструментов цифровизации в производственные процессы. Интегральный показатель формулируется так:

$$(M - N) / Z. \quad (12)$$

Значение интегрального показателя информирует о количестве затрат, вложенных в цифровизацию на каждый процент прироста производительности труда от применения цифровых технологий. Цифровизация является ведущим вектором развития четвертой промышленной революции [10]. Каждая промышленная революция меняла состав производственного процесса и вносила вклад в повышение производительности труда. Поэтому справедливо оценивать эффективность применения инструментов цифровизации с учетом роста производительности труда и вложенных в цифровую трансформацию средств.

Заключение. Цифровая модернизация и трансформация необходимы на нескольких уровнях предприятия — как на уровне операций, так и на уровнях стратегического и тактического планирования и управления деятельностью нефтехимического предприятия. Стратегические направления цифровой трансформации производственного предприятия задают вектор движения развития производственных процессов и организации производства [11]. Тактические ориентиры на цифровую модернизацию

в планировании и управлении производственной деятельностью предприятия фокусируют внимание на узких местах производственных систем и обновлении производственных мощностей. Инструментами цифровизации деятельности можно решить такие вопросы, как организация производства на основе управления большими данными, встраивание в типовые технологические процессы, выявление закономерностей и т. п. [12]. В последние годы стратегические цели повышения прибыли и эффективности деятельности химических и нефтехимических предприятий рассматривают применение инструментов цифровизации для разработки новых продуктов и услуг [13]. Таким образом, инструменты цифровизации находят свое место не только в стратегии отдела информационных технологий, но и рассматриваются в долгосрочном периоде и предприятием в целом. Постепенно под воздействием долгосрочных и среднесрочных целей цифровой трансформации нефтехимического предприятия оперативное управление производственными процессами и химико-технологическими системами приобретает модернизированный оцифрованный характер [14]. Как отмечают руководители нефтехимических предприятий, применение инструментов цифровизации открывает новое сервисное направление деятельности [15]. Поддержка нефтехимической продукции на протяжении всего жизненного цикла продукта открывает горизонты сырьевого рециклинга, что напрямую влияет на проблему поисков источников сырья.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шарафеев И.Ш., Мардамшин И.Г. Организация производства: производственные ресурсы, эффективность их использования и производительность труда. *Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли*. Казань, КГТУ, 2018, с. 356–359.
- [2] Волочиенко В.А., Серышев Р.В. Логистика производства. Теория и практика. М., Юрайт, 2016.
- [3] Надеждина М.Е. Модель химико-технологических систем на принципах «Индустрии 4.0». *Всерос. молод. науч.-практ. конф. «Безопасность транспорта и сложных технических систем глазами молодежи»*. Иркутск, ИРГУПС, 2018, с. 132–134.
- [4] Kockmann N. Digital methods and tools for chemical equipment and plants. *React. Chem. Eng.*, 2019, vol. 4, no. 9, pp. 1522–1529. DOI: <https://doi.org/10.1039/C9RE00017H>
- [5] Биленко П.Н., Лысенко С.Л., Завалеев И.С. и др. Комплексная оценка развития предприятия как инструмент повышения производительности труда. *Наукоемкие технологии*, 2017, № 7, с. 22–31.
- [6] Истомина Е.А. Оценка трендов цифровизации промышленности. *Вестник Челябинского государственного университета*, 2018, № 12, с. 108–116. DOI: <https://doi.org/10.24411/1994-2796-2018-11212>

- [7] Плотников В.А. Цифровизация производства: теоретическая сущность и перспективы развития в российской экономике. *Известия СПбГЭУ*, 2018, № 4, с. 16–24.
- [8] Амелин С.В. Совершенствование организации управления производством в условиях новых информационных технологий. *Вестник ВГТУ*, 2013, № 3-1, с. 159–162.
- [9] Публичный аналитический доклад по направлению «Новые производственные технологии». М., Сколтех, 2015.
URL: <https://www.extech.ru/files/reports/new%20technologies2015.pdf> (дата обращения: 15.01.2021).
- [10] Дорофеев К.В. Высокотехнологичный Компьютерный инжиниринг: обзор рынков и технологий. СПб., Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
- [11] Ustundag A., Cevikcan E. Industry 4.0: Managing the Digital Transformation. Springer, 2018.
- [12] Биленко П.Н., Лысенко С.Л., Шаталов В.Л. и др. Индикатор нематериальных активов в оценке научно-технического уровня предприятия. *Научные технологии*, 2017, № 6, с. 39–44.
- [13] Дежина И.Г., Пономарев А.К. Перспективные производственные технологии: новые акценты в развитии промышленности. *Форсайт*, 2014, № 2, с. 16–29.
- [14] Shinkevich A.I., Barsegyan N.V., Shinkevich M.V., et. al. Reserves for improving the efficiency of petrochemical production on the basis of “Industry 4.0”. *E3S Web Conf.*, 2019, art. 04006. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912404006>
- [15] Шинкевич А.И., Барсегян Н.В. Пути повышения эффективности организации производственных процессов на нефтехимических предприятиях за счет применения систем автоматизации. *Русский инженер*, 2019, № 4, с. 48–51.

Шинкевич Алексей Иванович — д-р экон. наук, заведующий кафедрой «Логистика и управление» ФГБОУ ВО «КНИТУ» (Российская Федерация, 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68).

Надеждина Мария Евгеньевна — аспирантка кафедры «Логистика и управление» ФГБОУ ВО «КНИТУ» (Российская Федерация, 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Шинкевич А.И., Надеждина М.Е. Методика оценки эффективности цифровизации производственных процессов нефтехимического предприятия. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2021, № 2 (137), с. 72–84.
DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3941-2021-2-72-84>

**METHODOLOGY FOR ASSESSING THE EFFICIENCY
OF DIGITALIZATION OF PRODUCTION PROCESSES
OF A PETROCHEMICAL ENTERPRISE**

A.I. Shinkevich
M.E. Nadezhdina

ashinkevich@mail.ru
frida333@mail.ru

KNRTU, Kazan, Russian Federation

Abstract

The fourth industrial revolution promotes a radical transition of chemical-technological systems to a new fifth technological paradigm. The radical transformation of value added chains through the digitalization of processes and products of chemical technological systems raises the urgent issue of staffing in a dynamically changing environment. In the course of studying the processes of digitalization of petrochemical industries, a low level of assessment of the efficiency of production processes digitalization was revealed. The paper considers approaches to assessing the organization of production, some indicators of assessing the efficiency of digitalization at industrial enterprises, a methodology for diagnosing the technological development of discrete production of continuous type. The study offers a method for assessing the efficiency of digitalization of production processes of continuous type, in particular, at petrochemical enterprises, and introduces the system of indicators of organizing digital main and auxiliary industries, the indicators being grouped into an integral indicator. The proposed methodology underlies the information system for monitoring the level of digitalization of production processes of a petrochemical enterprise and is an important tool in the implementation of the digital transformation strategy of enterprises

Keywords

Efficiency, production costs, digital modernization, integral indicator, digital production, organization of production

Received 28.04.2020
Accepted 08.09.2020
© Author(s), 2021

The study was carried out within the framework of the grant of the President of the Russian Federation for state support of the leading scientific schools of the Russian Federation no. NSh-2600.2020.6

REFERENCES

[1] Sharafiev I.Sh., Mardamshin I.G. Organization of production: production resources, efficiency of their use and labor productivity. *New Technologies, Materials and Equipment of the Russian Aerospace Industry*. Kazan, KGTU, 2018, pp. 356–359 (in Russ.).

- [2] Volochienko V.A., Seryshev R.V. Logistika proizvodstva. Teoriya i praktika [Logistics production. Theory and practice]. Moscow, Yurayt Publ., 2016.
- [3] Nadezhdina M.E. [Digital methods and tools for chemical equipment and plants]. *Vse-ros. molod. nauch.-prakt. konf. "Bezopasnost' transporta i slozhnykh tekhnicheskikh sistem glazami molodezhi"* [Proc. Russ. Youth Sc.-Tech. Pract. Conf. "Safety of Transport and Complex Technical Systems from the Eyes of Youth"]. Irkutsk, IRGUPS Publ., 2018, pp. 132–134 (in Russ.).
- [4] Kockmann N. Digital methods and tools for chemical equipment and plants. *React. Chem. Eng.*, 2019, vol. 4, no. 9, pp. 1522–1529.
DOI: <https://doi.org/10.1039/C9RE00017H>
- [5] Bilenko P.N., Lysenko S.L., Zavaleev I.S., et al. Comprehensive assessment of enterprise development as a tool to increase labor productivity. *Naukoemkie tekhnologii* [Science Intensive Technologies], 2017, no. 7, pp. 22–31 (in Russ.).
- [6] Istomina E.A. Methodology assessment of trends in the digital economy of industry. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Chelyabinsk State University], 2018, no. 12, pp. 108–116 (in Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.24411/1994-2796-2018-11212>
- [7] Plotnikov V.A. Digitalization of production: the theoretical essence and development prospects in the Russian economy. *Izvestiya SPbGU*, 2018, no. 4, pp. 16–24 (in Russ.).
- [8] Amelin S.V. Improvement of organization of production management in conditions of new information technologies. *Vestnik VGTU* [Bulletin of Voronezh State Technical University], 2013, no. 3-1, pp. 159–162 (in Russ.).
- [9] Publichnyy analiticheskiy doklad po napravleniyu "Novye proizvodstvennye tekhnologii" [Public analytical report in "New production technologies" field]. Moscow, Skoltech Publ., 2015.
Available at: <https://www.extech.ru/files/reports/new%20technologies2015.pdf> (accessed: 15.01.2021).
- [10] Dorofeev K.V. Vysokotekhnologichnyy komp'yuternyy inzhiniring: obzor rynkov i tekhnologiy [High-tech computer engineering: a review on markets and technologies]. St. Petersburg, Polytechnic Univ. Publ., 2014.
- [11] Ustundag A., Cevikcan E. Industry 4.0: Managing the Digital Transformation. Springer, 2018.
- [12] Bilenko P.N., Lysenko S.L., Shatalov V.L., et al. Indicator of intangible assets in the assessment of the scientific and technological level of the enterprise. *Naukoemkie tekhnologii* [Science Intensive Technologies], 2017, no. 6, pp. 39–44 (in Russ.).
- [13] Dezhina I.G., Ponomarev A.K. Advanced manufacturing: new emphasis in industrial development. *Forsayt* [Foresight and STI Governance], 2014, no. 2, pp. 16–29 (in Russ.).
- [14] Shinkevich A.I., Barsegyan N.V., Shinkevich M.V., et al. Reserves for improving the efficiency of petrochemical production on the basis of "Industry 4.0". *E3S Web Conf.*, 2019, art. 04006. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912404006>

[15] Shinkevich A.I., Barsegyan N.V. Ways to improve the organization of production processes in the petrochemical industry through the application of automation systems. *Russkiy inzhener* [Russian Engineer], 2019, no. 4, pp. 48–51 (in Russ.).

Shinkevich A.I. — Dr. Sc. (Econ.), Head of the Department of Logistics and Management, KNRTU (K. Marksa ul. 68, Kazan, 420015 Russian Federation).

Nadezhdina M.E. — Post-Graduate Student, Department of Logistics and Management, KNRTU (K. Marksa ul. 68, Kazan, 420015 Russian Federation).

Please cite this article in English as:

Shinkevich A.I., Nadezhdina M.E. Methodology for assessing the efficiency of digitalization of production processes of a petrochemical enterprise. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Mechanical Engineering*, 2021, no. 2 (137), pp. 72–84 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3941-2021-2-72-84>

В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана
вышел в свет учебник авторов
**А.А. Александрова, В.И. Ларионова,
С.П. Сущева**



Изложены теоретические основы анализа и управления техногенными и природными рисками. Показан единый научно-методический подход к решению задач анализа риска возникновения чрезвычайных ситуаций. Рассмотрены основные характеристики природных и техногенных опасностей, причины отказов технических систем. Приведены методы исследования надежности технических систем и типовые примеры расчетов, методы оценки и анализа рисков в техногенной и природной сферах с применением ГИС-технологий, расчетно-аналитический и статистический подходы к зонированию по риску объектов и территорий. Рассмотрены экономические аспекты управления безопасностью.

По вопросам приобретения обращайтесь:
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, корп. 1
+7 (499) 263-60-45
press@bmstu.ru
<https://bmstu.press>