

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-4-248-256>

УДК 658.5

Цифровые технологии управления антропогенными рисками в электроэнергетике

Акуличев В. О.¹, Грабчак Е. П.², Мищеряков С. В.^{3*}, Талалаев А. А.³

¹ ПАО «МРСК Центра и Приволжья»

Россия, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Рождественская, д. 33

² Министерство энергетики Российской Федерации

107996, ГСП-6, г. Москва, ул. Щепкина, д. 42

³ Корпоративный энергетический университет

111250, г. Москва, ул. Красноказарменная д.13, корпус "П"

Поступила / Received 24.11.2020

Принята к печати / Accepted for publication 01.12.2020

Рассматривается информационно-аналитическая технология, реализуемая в процессе эксплуатации электрических сетей, основанная на возможностях мультиагентного мониторинга соматического и психического состояния персонала электросетевых компаний и предиктивного анализа антропогенных рисков энергетического производства в рамках риск-ориентированного подхода к управлению человеческими ресурсами. Анализ включает приборный мониторинг, оценку показателей (с использованием объективных данных), характеризующих состояние оперативных руководителей, оперативного и ремонтного персонала, участвующего в реальных технологических и бизнес-процессах по обслуживанию оборудования сетевых компаний с применением методов теории оптимизации, нечетких множеств, индексного анализа, предоставление интегральной информации оперативным руководителям и руководству энергокомпаний и формирование предложений по направлениям инвестиций в развитие их человеческих ресурсов на основании решения оптимизационной задачи минимизации ущербов из-за неправильных действий, бездействия и нарушения требований безопасности энергетического производства. Предлагается использовать систему индексных безразмерных показателей оценки состояния персонала, предиктивного анализа успешности его профессиональной деятельности и формирования ее онтологической модели в целях управления антропогенными рисками для обеспечения надежного и безопасного функционирования энергетического производства с возможностью разработки мер и сценариев воздействий на персонал в рамках производственного процесса. Представлены подходы к формированию технологии мониторинга, которая обеспечивает построение унифицированных систем учета состояния персонала, эксплуатирующего объекты электроэнергетики, статистики отказов по вине персонала для определения оптимального вида, состава и стоимости воздействия на персонал, улучшение его здоровья на основе мультиагентного анализа данных мониторинга, позволяющие направлять поток событий согласно условиям, заданным наличием финансовых средств на эти цели. Разработан математический аппарат, предложены приборы и программные средства, с помощью которых осуществляется автоматизированный анализ индексов состояния персонала каждой категории, обслуживающего единицы (узлы) оборудования и формирование сценариев воздействий на него (агентное моделирование управляемого состоянием поведения).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: антропогенные риски, электрические сети, оборудование, цифровая модель, мониторинг технического состояния (МТС), человеческий капитал, техническое состояние (ТС)

Адрес для переписки:

Мищеряков С. В.

НП «Корпоративный образовательный и научный центр ЭЭС»

ул. Красноказарменная д.13, к. «П», 111250, г. Москва, Россия

e-mail: msv@keu-ees.ru

Address for correspondence:

Mishcheryakov S. V.

NP «CTSCenter UES»

Krasnokazarmennaya street, 13P, 111250, Moscow, Russia

e-mail: msv@keu-ees.ru

Для цитирования:

Акуличев В. О., Грабчак Е. П., Мищеряков С. В., Талалаев А. А. Цифровые технологии управления антропогенными рисками в электроэнергетике. *Надежность и безопасность энергетики*. 2020. – Т. 13, №4. – С. 248 – 256.

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-4-248-256>

For citation:

Akulichev V. O., Grabchak E. P., Mishcheryakov S. V., Talalaev A. A. [Digital technologies for managing anthropogenic risks in electric power industry]. *Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry* 2020, vol. 13, no. 4, pp. 248 – 256. (in Russian)

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-4-248-256>

Digital technologies for managing anthropogenic risks in electric power industry

Akulichev V. O.¹, Grabchak E. P.², Mishcheryakov S. V.^{3*}, Talalaev A. A.³

¹ JIDGC of Center and Volga Region, PJSC,
Russia, 603950, Nizhny Novgorod, st. Rozhdestvenskaya, 33

² Ministry of Energy of the Russian Federation,
107996, GSP-6, Moscow, st. Shchepkina, 42

³ Corporate Energy University,
111250, Moscow, st. Krasnokazarmennaya 13, building "P"

The article examines the information and analytical technology implemented during the operation of electrical networks, based on the capabilities of multi-agent monitoring of the somatic and mental condition of the staff of power grid companies and predictive analysis of anthropogenic risks of energy production within the framework of a risk-based approach to human resource management. The analysis includes instrumental monitoring, assessment of indicators (using objective data) characterizing the condition of operational managers, operational and maintenance staff involved in real technological and business processes for servicing equipment of network companies using optimization theory methods, fuzzy sets, index analysis, provision of integral information to operational managers and management of energy companies, the formation of proposals on the areas of investment in the development of their human resources based on solving the optimization problem of minimizing damage due to wrong actions, inaction and violation of safety requirements for energy production. It is proposed to use a system of dimensionless index indicators for assessing the condition of staff, predictive analysis of the success of their professional activities and the formation of its ontological model in order to manage anthropogenic risks to ensure reliable and safe functioning of energy production with the possibility of developing measures and scenarios of impacts on staff within the production process. The article presents approaches to the formation of monitoring technology, which ensures the construction of unified systems for recording the condition of staff operating electric power facilities, statistics of failures due to staff's fault to determine the optimal type, composition and cost of impact on staff, improving their health based on multi-agent analysis of monitoring data, allowing to direct the flow of events in accordance with the conditions set by the availability of funds for these purposes. The authors have developed a mathematical apparatus, proposed devices and software, with the help of which an automated analysis of the indices of the condition of staff of each category, servicing equipment units (assemblies) and the formation of scenarios of impacts on it (agent-based modeling of condition-controlled behavior) has been carried out.

KEYWORDS: anthropogenic risks, electrical networks, equipment, digital model, technical condition monitoring (TCM), human capital, technical condition (TC)

1. Введение

Во втором десятилетии двадцать первого столетия Российская экономика, обретая «суверенитет», может и должна решать задачи нетривиального прорывного характера по траекториям лидирующего технологического развития. Достижение этой цели определено национальными проектами.

Одним из важнейших национальных проектов России на ближайшие годы стала цифровая модернизация экономики.

Уже кодифицированными в этой области знаний являются следующие понятия:

«Цифровая экономика — хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг» [1].

Существует и более широкое определение: «Цифро-

вая (электронная) экономика — это экономика, характерной особенностью которой является максимальное удовлетворение потребностей всех ее участников за счет использования информации, в том числе персональной. Это становится возможным благодаря развитию информационно-коммуникационных и финансовых технологий, а также доступности инфраструктуры, вместе обеспечивающих возможность полноценного взаимодействия в гибридном мире всех участников экономической деятельности: субъектов и объектов процесса создания, распределения, обмена и потребления товаров и услуг.

Для «полноценного» взаимодействия все субъекты и объекты экономики должны обрести значительную цифровую составляющую» [2].

Прежде всего необходимо отметить следующее. Целями работ в области цифровой экономики является «создание экосистемы цифровой экономики Российской Федерации, в которой данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности и в которой обеспечено эффективное взаимодействие,

включая трансграничное, бизнеса, научно-образовательного сообщества, государства и граждан»[3]. При этом «цифровая экосистема» — это метафора, которая предлагает рассматривать современные организации как смешанные сообщества и экосистемы, в которых взаимодействуют люди и цифровые агенты.

Ключевым фактором успеха всех инновационных инициатив являются люди с набором необходимых компетенций, формируемых в ходе непрерывного процесса их совершенствования.

«Основным показателем качества продукции предприятий энергетики является надежность энергоснабжения потребителей» [4]. В этой связи потребность в оценке состояния персонала для управления надежностью и эффективностью его профессиональной деятельности в отрасли обусловлена необходимостью снижения рисков¹ нарушения функционирования объектов электроэнергетики, социально-экономические последствия которых могут быть, в том числе, и катастрофическими и переходом к риск-ориентированному управлению в отрасли [5]. Авторами предложены подходы к управлению антропогенными рисками энергетического производства.

Цели, задачи и область применения оценки антропогенных рисков

Цель предлагаемых подходов — сформировать (методически обосновать, сформулировать и определить структуру) комплексный показатель, характеризующий состояние персонала ($I_{СП}$) для управления надежностью и эффективностью его профессиональной деятельности.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- сформирован агрегатный безразмерный показатель индекс состояния персонала ($I_{СП}$);
- определены методы оценки отдельных его элементов;
- разработана методика, схема и механизмы использования $I_{СП}$ для формирования кадровой политики субъектов энергетики.

Область применения предлагаемой разработки для заинтересованных сторон:

- Регулятор (Минэнерго России): комплексный показатель по персоналу. Возможны набор статистики, аналитика, оценка, регулирование [6].
- Компании:
 - а) собственники: точная оценка эффективности бизнеса, обоснованное принятие инвестиционных решений;
 - б) руководство: комплексный показатель по персоналу, становится предметным управление;
 - в) руководители подразделений: с появлением ком-

плексного показателя, возможна конкретизация КПЭ, возникает возможность системной работы по управлению персоналом;

г) персонал: возможности улучшений условий труда, появляются ясные правила игры на рынке труда.

Предлагаемая оценка распространяется на группы персонала (оперативные руководители, оперативный персонал, оперативно-ремонтный персонал), основной производственной функцией которого является эксплуатация и техническое обслуживание основного технологического оборудования электрических станций и электрических сетей.

К основному технологическому оборудованию (ОТО) объектов электроэнергетики, в отношении которого производится оценка состояния персонала, относятся:

1. паровые турбины установленной мощностью 5 МВт и более;
2. паровые (энергетические) котлы, обеспечивающие паром паровые турбины установленной мощностью 5 МВт и более;
3. гидротурбины установленной мощностью 5 МВт и более;
4. газовые турбины установленной мощностью 5 МВт и более;
5. гидрогенераторы номинальной мощностью 5 МВт и более;
6. турбогенераторы номинальной мощностью 5 МВт и более;
7. силовые трансформаторы напряжением 110 кВ и выше;
8. линии электропередачи (далее — ЛЭП) напряжением 35 кВ и выше (далее — основное технологическое оборудование).

Методологические подходы к оценке индекса состояния персонала

Оценку состояния персонала для управления надежностью и эффективностью его профессиональной деятельности предполагается осуществлять на основе значений интегрального показателя, индекса состояния персонала (далее $I_{СП}$).

Под индексом состояния персонала понимается интегральный показатель состояния персонала, который объединяет значения ряда других показателей его состояния в единую безразмерную величину, удобную для сравнения и оценки.

Результатами расчетов и оценки $I_{СП}$ являются:

- индекс состояния персонала энергообъектов;
- индекс состояния персонала энергообъектов по категориям: оперативные руководители, оперативный персонал, оперативно-ремонтный персонал;
- индекс состояния персонала субъектов энергетики.

Диапазоны индекса состояния персонала, устанавливаемые нормативно, приведены в таблице 1.

Оценка $I_{СП}$ осуществляется путем сопоставления фактических значений измеряемых и расчетных показателей характеристик персонала с базовыми значениями (значениями предыдущих отчетных периодов

¹ " Риск — сочетание (произведение) вероятности и последствий отказа отдельного функционального узла либо основного технологического оборудования в целом" пр. Минэнерго России от 12 октября 2017 г. №676

Таблица 1. Диапазоны индекса состояния персонала

Table 1. Ranges of the staff condition index

Диапазон $I_{СП}$ (усл.ед) Range $I_{СП}$ (conventional units)	Вид состояния персонала Staff status type	Визуализация (цвет) Visualization (color)
≤ 0	критический (critical)	красный (red)
$0 < I_{СП} < 0,5$	низкое (low)	коричневый (brown)
$0,5 < I_{СП} < 1$	среднее (average)	желтый (yellow)
$1 < I_{СП} < 1,5$	хорошее (good)	зеленый (green)
$> 1,5$	очень хорошее (very good)	темно-зеленый (dark green)

и/или пороговыми значениями по диапазонам),

Оценка $I_{СП}$ осуществляется в следующей последовательности:

- расчет показателей состояния персонала, основной производственной функцией которого является эксплуатация и техническое обслуживание ОТО объекта электроэнергетики совокупно по трем категориям;
- расчет показателей состояния персонала субъекта энергетики, основной производственной функцией которого является эксплуатация и техническое обслуживание ОТО совокупно по трем категориям;
- расчет показателей состояния персонала, основной производственной функцией которого является эксплуатация и техническое обслуживание ОТО объекта электроэнергетики отдельно по категориям;
- оценка рисков профессиональной деятельности персонала;
- при необходимости анализ состояния персонала субъектов энергетики осуществляется по категориям.

Индекс состояния персонала для ОТО по группам основного оборудования ($I_{СПi}$) вычисляется по формуле:

$$I_{СПi} = \omega_{ПУi} I_{ПУi} + \omega_{БПi} I_{БПi} + \omega_{КПi} I_{КПi} + \omega_{ПАi} I_{ПАi}, \quad (1)$$

где: $\omega_{ПУi}$, $\omega_{БПi}$, $\omega_{КПi}$, $\omega_{ПАi}$ — постоянные коэффициенты, сумма которых равна единице, i — количество единиц основного оборудования в группе (котлы, турбины, генераторы и др.).

Конкретные значения коэффициентов ω определяются методом Т. Саати.

Расчет составляющих Индекса состояния персонала $I_{СП}$ осуществляется следующим образом.

а) Индекс профессиональной успешности.

Профессиональная успешность — свойство работника, определяющее его способность обеспечивать выполнение всех возложенных на него функций на его рабочем месте в течение рабочего времени в определенных условиях с заданными скоростью и качеством. Индекс профессиональной успешности персонала определяется следующим образом:

$I_{ПУi} =$ { 1 — в случае отсутствия аварий (вывода из строя ОТО) из-за неправильных действий/бездействия оперативных руководителей, оперативного, оперативно-ремонтного персонала по актам расследования (инф. по приказу МЭ РФ от 02.03.2010 г. №92, приложение 1 таблицы 1, 2); Промежуточные значения в случае поломок оборудования, $I_{ПУi} = U_i / U_{max}$, где U_i — ущерб (в денежном выражении) от поломки функциональных узлов ОТО, U_{max} — ущерб (в денежном выражении) от вывода из строя ОТО (инф. по пр. от 23.07.2012 г. № 340, приложение 2 п. 1.8 — 1.12, п. 7.10, приказа РТН от 19.08.2011 г. №480 (редакция от 15.08.2017 г.), п.17, п.п. 17), 19))
0 — при наличии аварий (вывода из строя ОТО) из-за неправильных действий/бездействия оперативных руководителей, оперативного, оперативно-ремонтного персонала по актам расследования (инф. по приказу МЭ РФ от 02.03.2010 г. №92, приложение 1 таблицы 1, 2)

Промежуточные значения $I_{ПУi}$ определяются экспертным путем с учетом его значений при полном выводе из строя ОТО, в долях от величины максимального ущерба по формуле, указанной выше.

б) Индекс безопасности энергетического производства.

Безопасность — состояние защищенности отдельного человека, общества и окружающей среды от чрезмерной опасности, обусловленной экологическими, техногенными и природными факторами.

$I_{БПi}$ — индекс безопасности энергетического производства определяется следующим образом:

$I_{БПi} =$ { 1 — в случае отсутствия несчастных случаев на производстве по категориям: оперативных руководителей, оперативного и оперативно-ремонтного персонала по актам расследования (инф. по приказу МЭ РФ от 02.03.2010 №92, приложение 1 таблицы 1, 2); Промежуточные значения определяются по формуле: $I_{БПi} = K_o \times (1 - O_p)$, где K_o — коэффициент оснащенности работника, $K_o = 1$ при полном оснащении работника необходимыми ИСЗ и инструментом и проведении всех видов инструктажей / первичного инструктажа на рабочем месте и т. д. /, $K_o = 0$ при отсутствии хотя бы одного из элементов оснащения и инструктажей;
 $O_p = K_m \times T / (P_c \times M \times 22,5)$ — коэффициент опасности работ; $K_m = D / T$ — коэффициент тяжести травматизма, при D — общее количество дней нетрудоспособности за отчетный период; T — количество учтенных травм (несчастных случаев); P_c — среднесписочное число работников; M — число месяцев в отчетном периоде; 22,5 — среднее число рабочих дней за месяц (инф. по приказ от 23.07.2012 №340, приложение 2 п. 1.8–1.12, п. 7.10);
0 — при наличии смертельных случаев на производстве в группах оперативных руководителей, оперативного, оперативно-ремонтного персонала по актам расследования (инф. по приказу МЭ РФ от 02.03.2010 г. №92, приложение 1 таб. 1, 2)

в) Индекс профессиональной компетенции персонала ($I_{КП}$) определяется следующим образом: показатель, характеризующий знания, умения, навыки и опыт экс-

платации основного технологического оборудования.

Индекс профессиональной компетенции персонала определяется по формуле:

$$I_{kниj} = N_{ijфакт} / N_{umij} \quad (2)$$

где $N_{ijфакт} = N_{ri} + N_{oi} + N_{ori}$ — число прошедших профессиональное обучение, подтвержденное документами оперативных руководителей, оперативного, оперативно-ремонтного персонала (с учетом требований о ежегодном обучении этого персонала согласно п 8.3.4.3 Межгосударственного стандарта (ГОСТ 33066-2014) «Организация работы с персоналом в электроэнергетике государств-участников СНГ» и п. 6. Приказа Минтопэнерго от 19.02.2000 г. № 49);

$N_{штгij}$ — суммарное число оперативных руководителей, оперативного, оперативно-ремонтного персонала согласно штатному расписанию, запланированного к обучению на момент оценки.

Информация формируется по приказу МЭ от 23.07.2012 г. № 340, приложение 45 раздел 2 п. 2.1)

$$I_{кпi} = \min \Sigma(a_i \times I_{книi}); \quad I_{кпj} = \min \Sigma(a_j \times I_{книj}), \quad (3)$$

где i — количество основного оборудования, j — категории персонала, 1 соответствует оперативным руководителям, 2 — соответствует оперативному персоналу, 3 — соответствует оперативно-ремонтному персоналу, a_i и a_j — весовые коэффициенты определяются методом Т. Саати.

Уточненно:

$$I_{кпi} = \frac{n-1}{n} - (0,9)^{k/3}, \quad (4)$$

где n — число компетенций, k — число повторений операций.

д) Индекс профессиональной адаптации персонала ($I_{па}$) определяется следующим образом: $I_{паi}$ — системный ответ организма человека на действие внешних и внутренних стимулов и факторов, направленный на достижение полезного приспособительного результата и служит критерием оценки изменений (нарушений) в состоянии здоровья по данным мониторинга в ходе предсменных медицинских осмотров и психофизиологических обследований (экспертизы) функционального состояния в соответствии с нормативными документами и/или средними значениями.

В прикладных целях выделяется пять возможных состояний профессиональной адаптации человека:

- Критический, ему соответствует очень высокий риск утраты психологической и физической работоспособности;
- Низкий, ему соответствует высокий риск утраты психологической и физической работоспособности;
- Средний, ему соответствует средний риск утраты психологической и физической работоспособности;
- Высокий, ему соответствует низкий риск утраты пси-

- хологической и физической работоспособности;
- Очень высокий, ему соответствует очень низкий риск утраты психологической и физической работоспособности.

Информация для оценки определяется по приказу Министерства здравоохранения РФ от 15 декабря 2014 г. N 835н «Об утверждении Порядка проведения предсменных, предрейсовых и послесменных, послерейсовых медицинских осмотров» и приказа Минэнерго №390 от 31.08.2011 г. «Об утверждении Порядка проведения медицинских осмотров (обследований) работников, непосредственно занятых на работах, связанных с обслуживанием объектов электроэнергетики».

$$I_{паi} = (P_c - I_{пафи}) / (P_{c0} - I_{па0i}), \quad (5)$$

где P_c — среднесписочное число работников за отчетный и базовый периоды;

$I_{пафи}$ — численность лиц, стоящих на учете с профзаболеваниями в отчетном периоде;

$I_{па0i}$ — численность лиц, стоящих на учете с профзаболеваниями в базовом периоде (предыдущем отчетном периоде).

Расчет индекса профессиональной адаптации персонала, обслуживающего основное оборудование ($I_{па}$) осуществляется по ниже представленным формулам:

$$I_{па} = 1/3 \times \Sigma_{j=1}^3 (a_j \times I_{паj}), \quad (6)$$

$$\text{или } I_{па} = 1/i \times \Sigma_{i=1}^n (a_{ji} \times I_{паi}), \quad (7)$$

где $I_{паi}$ — индекс профессиональной адаптации конкретной категории персонала (для формулы 1) определяется по следующей формуле:

$$I_{паj} = 1/\kappa \times \Sigma_{k=1}^k (a_j \times I_{паjik} / 100), \quad (8)$$

где $I_{паjik}$ — индекс профессиональной адаптации конкретного работника, κ — количество персонала (возможно деление по категориям — j) обслуживающего конкретную группу оборудования — i (все смены), i — количество единиц основного оборудования в группе (трансформаторы, выключатели, котлы, турбины, генераторы и др), j — категории персонала, 1 соответствует оперативным руководителям, 2 — соответствует оперативному персоналу, 3 — соответствует оперативно-ремонтному персоналу, $1/100$ — коэффициент приведения к общим единицам измерения, a_{ijk} , a_{ji} , a_j — весовые коэффициенты определяются методом Т. Саати; $I_{паi}$ — индекс профессиональной адаптации персонала всех категорий, обслуживающего конкретную группу оборудования (котлы, турбины, генераторы и т. д.) для формулы (7)

$$I_{паi} = 1/\kappa \times \Sigma_{k=1}^k (a_{ji} \times I_{паjik} / 100), \quad (9)$$

$I_{паji}$ — индекс профессиональной адаптации конкретной категории персонала, обслуживающего конкретную группу оборудования.

$$I_{ПАji} = 1/\kappa \times \sum_{k=1}^k (a_{ji} \times I_{ПАjik}/100), \quad (10)$$

$I_{ПАjik}$ — определяется экспертно на основе статистических данных по отдельным уровням психофизиологической адаптации (уровне психической адаптации, уровнях психической и физической работоспособности) и/или по количественным методам многомерного динамического визуализационного анализа. Для оценки может быть использована информация по приказу Минэнерго России от 23.07.2012 г. № 340, приложения 45, 44 раздел 2 коды стр. 2 – 5 [7].

Предложенная методология позволяет рассчитать:

а) Индекс состояния персонала для основного оборудования:

$$I_{СПi} = \omega_{ПУi} I_{ПУi} + \omega_{БПi} I_{БПi} + \omega_{КПi} I_{КПi} + \omega_{ПАi} I_{ПАi},$$

где $I_{ПУi}$ — индекс профессиональной успешности, $I_{БПi}$ — индекс безопасности энергетического производства; $I_{КПi}$ — индекс компетентности персонала; $I_{ПАi}$ — индекс профессиональной адаптации; i — основное оборудование / энергообъект / субъекта энергетики, $\omega_{ПУi}$, $\omega_{БПi}$, $\omega_{КПi}$, $\omega_{ПАi}$ — постоянные коэффициенты, сумма которых равна единице. Конкретные значения определяются методом Т. Саати.

б) Индекс состояния персонала для энергообъекта:

$$I_{СПэj} = \min \{I_{СПij}\}, \quad (11)$$

для $i = 1 \dots 8$ — номер группы основного технологического оборудования (при $j = 0$ — совокупно для всех категорий персонала),

для $j = 1 \dots 3$ — номер категорий персонала, при $j = 0$ совокупно для всех категорий персонала.

Для энергообъекта определяется индекс состояния персонала по категориям персонала, производственной функцией которого является эксплуатация и техническое обслуживание основного технологического оборудования ($I_{СПэj}$) по формуле (11)

$$I_{СПэj} = \min \{I_{СПэ1}, I_{СПэ2}, \dots, I_{СПэ3}\}, \quad (12)$$

для $j = 1 \dots 3$ — номер категорий персонала.

Определена «светофорная» индикация $I_{СПэj}$.

Расчет индекса состояния персонала объекта электроэнергетики с учетом его важности для ЕЭС определяется по формуле (14)

$$I_{СП} = \frac{\sum_1^k (N_{npk} \times I_{спэijk})}{\sum_1^k (N_{npk})}, \quad (13)$$

где $I_{спэijk}$ — индекс состояния персонала для основного технологического оборудования k -того энергообъекта (при $j=0$);

N_{npk} — приведенная мощность k -того объекта электроэнергетики субъекта электроэнергетики или его обособленного подразделения. N_{npk} определяется в соответствии с приказом Минэнерго России от 26 июля 2017 г. № 676 (приложение 9).

Для оценки экономических последствий рисков профессиональной деятельности персонала (в отличие от профессионального риска²) введено понятие «антропогенный риск» энергетического производства, который определяется на основе рассчитанной вероятности наступления ущерба субъекта энергетики из-за неправильных действий/бездействия персонала.

Оценка вероятности наступления ущерба из-за антропогенного риска по индексу его состояния осуществляется по формуле:

$$Z_{СПi} = I_{СП}/sup(D), \quad (14)$$

где $I_{СП}$ — индекс состояния персонала, определяемый по формуле (1); D — значения индекса состояния персонала по границам диапазонов согласно таблице 1.

При этом, если $Z_{СПi} \geq 1$, то необходимо задаться следующим по величине значением $sup(D)$ ³ и определить вероятность в соответствии со следующим диапазоном. Уточнение соотношения (14) осуществляется по мере накопления статистических данных.

Вероятность отказа единицы основного технологического оборудования и/или несчастного случая уточняется на основании существующей статистики.

Оценка возможного ущерба из-за отказа единицы основного технологического оборудования (последствия отказа ОТО из-за неправильных действий/бездействия персонала или несчастного случая) в том числе включает в себя прямые производственные показатели и стоимость аварийного восстановления или замены единицы оборудования в целом, а из-за несчастного случая включает все понесенные затраты по нему.

Риск определяется произведением вероятности наступления ущерба на его величину по формуле:

$$P_{СПi} = Z_{СПi} \times \Pi_{СПi}, \quad (15)$$

где $P_{СПi}$ — антропогенный риск наступления ущерба, $Z_{СПi}$ — вероятность наступления ущерба от профессионального риска, $\Pi_{СПi}$ — величина ущерба (финансовые потери) от наступления профессионального риска, $\Pi_{СПi} = \Pi_{ai} + \Pi_{пз}$, где $\Pi_{пз}$ — все понесенные затраты при реализации профессионального риска.

Результаты оценки опасности энергетического производства, профессиональной успешности, профессиональной компетенции и профессиональной адаптации персонала и иная информация, связанная с рисками, хранится в подразделениях ответственных за работу с персоналом до 5 лет. Эта информация относится к материалам ограниченного пользования.

² ТК ст. 209: «Профессиональный риск — вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору или в иных случаях, установленных настоящим Кодексом, другими федеральными законами».

³ $sup(D)$ — минимальное или максимальное значение D

Порядок использования баз данных и круг лиц, имеющих к ним доступ, определяются руководством энергетического предприятия. Ответственность за сохранность данных оценки и прогнозирования рисков профессиональной деятельности, за их целевое использование несут руководители энергетических предприятий [8].

Результаты оценки состояния персонала (значения $I_{СП}$) характеризуют его готовность к обеспечению функционирования ОТО и ранжируются по убыванию в группах однотипного оборудования [9]. Наименьший индекс состояния персонала в группе выбранного ОТО или категории персонала (для энергообъектов) определяет наивысший приоритет необходимости осуществления воздействия на персонал, его обслуживающий. Диапазоны $I_{СП}$, установлены, определяют необходимые виды воздействия, которые приведены в таблице 2.

На основе оценки динамики изменения значений $I_{СП}$ готовится прогноз изменения индекса и времени достижения критического состояния, при которых работа оперативных руководителей, оперативного, оперативно-ремонтного персонала будет недопустима.

Результаты проведенных расчетов объединяют в карту возможных сценариев выбора вида воздействий, содержащую:

- текущий $I_{СП}$;
- величину риска отказа основного технологического оборудования из-за неправильных действий/бездействия персонала;

- возможные стратегии воздействия на сферу управления персоналом (например, внеплановое обучение, улучшение условий труда, изменение организации производства, изменение производственных технологий);
- прогноз изменения $I_{СП}$ в зависимости от выбранной стратегии воздействия;
- суммарную стоимость проводимых мер воздействия.

В соответствии с принятой кадровой политикой согласно карты возможных сценариев выбора вида воздействий планируются программы (планы) работы с персоналом.

Бизнес-процессы риск-ориентированной модели принятия решения о виде воздействия на сферу управления персоналом приведена на рисунке.

Она апробирована в ходе НИОКР на тему «Программно-аппаратный комплекс управления здоровьем персонала филиала ПАО «МРСК Центра и Приволжья» «Тулэнерго» шифр: «Готовность», выполняемой в 2019–2020 г. при поддержке Минэнерго России под руководством Первого заместителя генерального директора — Директора по развитию ПАО «МРСК Центра и Приволжья» В. О. Акуличева.

Внедрение методики позволило:

- обеспечить заданный нормативный уровень надежности при генерации и транспорте электроэнергии;
- определить необходимые численность и состав

Таблица 2. Меры регулирующего воздействия на персонал (справочно) [10]

Table 2. Measures of regulatory impact on staff (for reference) [10]

Диапазон Range	Уровень состояния и риск утраты профессиональной дееспособности персонала State level and risk of loss of professional competence of staff	Меры воздействия Measures of influence
≤ 0	Критический уровень профессиональной дееспособности. Critical level of loss of professional capacity.	Отстранение от исполнения обязанностей, исключение из профессиональной деятельности до восстановления требуемого уровня показателей. Suspension from duties, exclusion from professional activity until the required level of indicators is restored.
$0 < I_{СП} < 0,5$	Низкий уровень. Значительный риск утраты профессиональной дееспособности. Low level. Significant risk of loss of professional capacity.	Внеплановое обучение, мероприятия по специальным профессиональным тренировкам персонала, неотложные мероприятия по оздоровлению персонала (через механизм ДМС). Unscheduled training, measures for special professional training of staff, urgent measures to improve the health of staff (through the VHI mechanism)
$0,5 < I_{СП} < 1,0$	Средний уровень риска утраты профессиональной дееспособности. Average level of loss of professional capacity	Плановое обучение с контрольной проверкой знаний, плановые мероприятия по тренировкам, плановые мероприятия по оздоровлению персонала. Planned training with a control check of knowledge, planned training activities, planned measures for the health of staff.
$1,0 < I_{СП} < 1,5$	Высокий уровень. Незначительный риск утраты профессиональной дееспособности. High level. Low risk of loss of professional capacity.	Плановые стимулирующие мероприятия материального и нематериального характера. Planned incentive measures of a material and non-material nature.
$> 1,5$	Очень высокий уровень. Отсутствует риск утраты профессиональной дееспособности способности Very high level. There is no risk of loss of professional capacity.	Плановые стимулирующие мероприятия материального и нематериального характера. Повышение в должностной позиции или окладе Planned incentive measures of a material and non-material nature. Promotion in position or salary

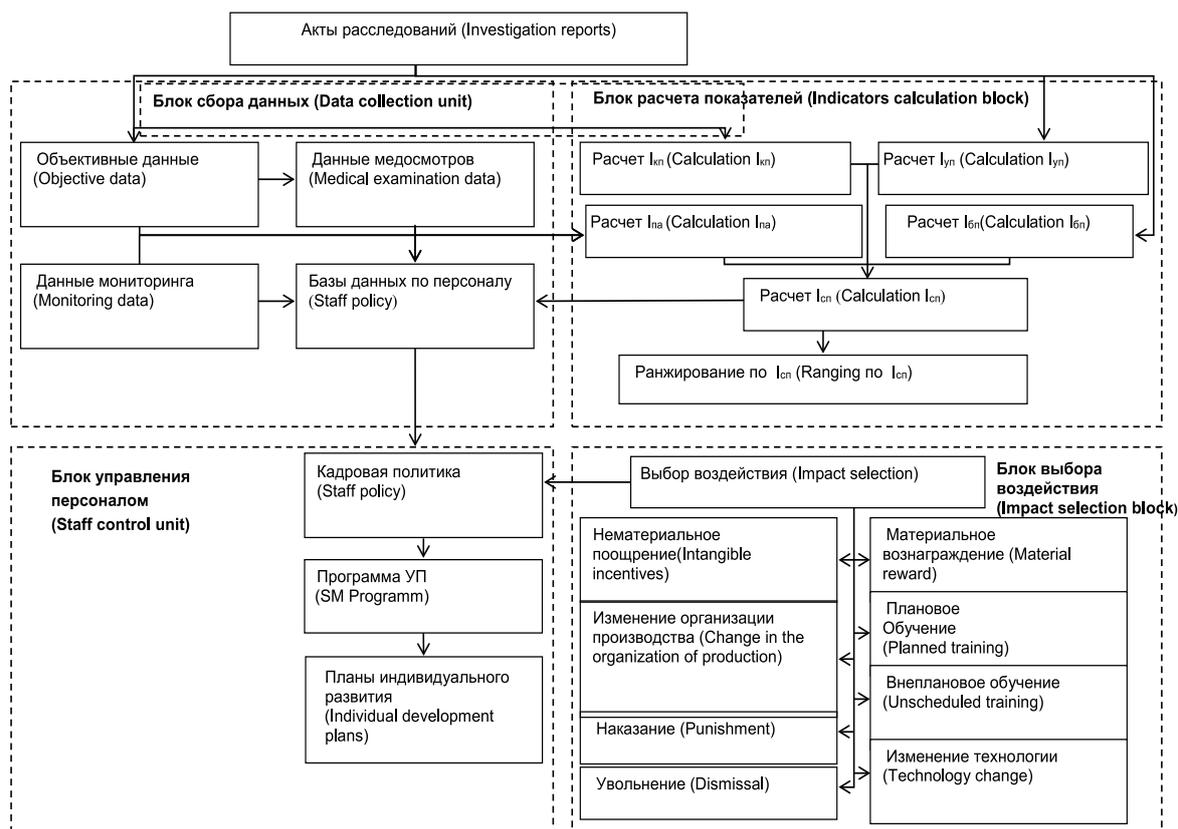


Рисунок. Схема риск-ориентированной модели принятия решения по $I_{СП}$
Figure. Scheme of a risk-based decision-making model of $I_{СП}$

оперативного и оперативно-ремонтного персонала, обеспечивающие технико-экономическую эффективность, надежность производственной деятельности и устойчивое развитие субъектов энергетики и ЕЭС в целом;

- повысить эффективность инвестиций в развитие человеческого капитала субъектов энергетики, определить их оптимальный объем и направления использования;
- повысить прозрачность хозяйственных отношений с органами власти и широким кругом заинтересованных сторон в процессе обеспечения технико-экономической эффективности в масштабах ЕЭС России;
- обеспечить объективность и обоснованность принимаемых регулирующих воздействий в области "подготовки работников в сфере электроэнергетики к работе на объектах электроэнергетики и энергопринимающих установках" в соответствии с требованиями ст. 28. п. 2. Федерального закона от 23.06.2016 г. № 196-ФЗ.

Примечательным побочным результатом анализа антропогенного риска является величина, основанная на дополненной вероятности наступления ущерба по вине персонала. Ее можно интерпретировать как величину стоимости человеческого капитала. Действительно, если благодаря нереализации антропогенного риска, компания не получает ущерб, то ровно на эту величину вырастает ее капитализация, то есть определяется капи-

тализованная способность выполнять трудовую функцию, создавать минимальную добавленную стоимость (минимум определяется как нулевая выручка). В дальнейшем эту величину можно использовать для оценки инвестпроектов и для других действий экономического анализа.

Заключение

В рамках представленного изложения сформированы подходы, определены методы и разработаны механизмы системы оценки антропогенных рисков уровня предприятия и компании, отражающие объективную, сложившуюся на рынке картину функционирования субъектов энергетики в едином целом, ЕЭС России.

Важным является определение инвестиционной стороны управления формированием и развитием человеческого капитала.

Использованные источники

1. Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203 "О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы. Официальный сайт Президента Российской Федерации: www.kremlin.ru/acts
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р «Цифровая экономика Российской Федерации». Официальный сайт Правительства России: <http://government.ru/docs/>
3. Грабчак Е. П. Концептуальный подход к внедрению в отрасли

рискоориентированной системы мониторинга и оценки готовности субъектов электроэнергетики к работе в отопительный сезон // Электроэнергия. Передача и распределение 2018; 3 (48): 4–10.

4. Грабчак Е. П. и др. Как сделать цифровизацию успешной // Энергетическая политика 2018; 5: 25–29.

5. Новак А. В. Доклад об итогах работы топливно-энергетического комплекса в 2018 году и задачах на 2019 год на заседании Правительства Российской Федерации [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/14548> (дата обращения: 02.09.2019).

6. Проект «Цифровая энергетика» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://iot.ru/energetika/minenergo-rf-sformirovalo-proekt-tsifrovaya-energetika> (дата обращения: 02.09.2019).

7. О ходе разработки и внедрения ГИС ТЭК / Материалы к расширенному заседанию Комитета по энергетике Государственной думы Российской Федерации [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/14309> (дата обращения: 02.09.2019).

8. Совещание по вопросам развития электроэнергетики / 14 ноября 2017 года [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/copy/56071> (дата обращения: 02.09.2019).

9. Российское энергетическое агентство. Теплоэнергетика и централизованное теплоснабжение России в 2015–2016 годы. Информационно-аналитический доклад. / [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/10850> (дата обращения: 02.09.2019).

10. Методические рекомендации по оценке и прогнозированию антропогенных рисков в деятельности энергетических предприятий государств-участников СНГ, утвержденные 55-м заседанием Электроэнергетического Совета СНГ 25–29 октября 2019 года.

References

1. Decree of the President of the Russian Federation of May 9, 2017 No. 203 "Strategy for the development of the information society

in the Russian Federation for 2017–2030". Official website of the President of the Russian Federation: www.kremlin.ru/acts

2. Order of the Government of the Russian Federation dated July 28, 2017 No. 1632-r "Digital economy of the Russian Federation". Official website of the Russian Government: <http://government.ru/docs/>

3. Grabchak E. P. Conceptual approach to the implementation in the industry of a risk-oriented system for monitoring and assessing the readiness of subjects of the electric power industry to work in the heating season // Electricity. Transmission and distribution 2018; 3 (48): 4–10.

4. Grabchak E. P. and others. How to make digitalization successful // Energy Policy 2018; 5: 25–29.

5. Novak A. V. Report on the results of the fuel and energy complex in 2018 and tasks for 2019 at a meeting of the Government of the Russian Federation [Electronic resource] // Access mode: <https://minenergo.gov.ru/node/14548> (date of access: 02.09.2019).

6. Project "Digital Energy" [Electronic resource] // Access mode: <https://iot.ru/energetika/minenergo-rf-sformirovalo-proekt-tsifrovaya-energetika> (date of access: 02.09.2019).

7. On the development and implementation of GIS FEC / Materials for an extended meeting of the Energy Committee of the State Duma of the Russian Federation [Electronic resource] // Access mode: <https://minenergo.gov.ru/node/14309> (date of access: 02.09.2019).

8. Meeting on the development of the electric power industry / November 14, 2017 [Electronic resource] // Access mode: <http://kremlin.ru/events/president/news/copy/56071> (date of access: 02.09.2019).

9. Russian Energy Agency. Heat power and district heating in Russia in 2015–2016. Information and analytical report. / [Electronic resource] // Access mode: <https://minenergo.gov.ru/node/10850> (date of access: 02.09.2019).

10. Guidelines for assessing and predicting anthropogenic risks in the activities of energy enterprises of the CIS member states, approved by the 55th meeting of the CIS Electric Power Council on October 25–29, 2019.

