

УДК 621.1.18

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В УПРАВЛЕНИИ ОБЪЕКТАМИ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА

АВТОРЫ:

С.В. Мищеряков,
д. э. н., к. т. н., генеральный директор
Корпоративного образовательного
и научного центра ЕЭС

К.А. Зимин,
соискатель, заместитель генерального
директора по инжинирингу
«Россети Научно-технический центр»

В статье изложены научные подходы к формированию цифровых технологий управления одним из основных факторов современного энергетического производства – человеческим капиталом. За основу оценки состояния управляемого объекта взят индекс состояния производственной системы энергообъекта в целом. Сформирована его целевая функция, включающая безразмерные индексы топливообеспечения, состояния активов и человеческого капитала. Авторами сформулирована и решена задача нахождения рациональных значений функции с использованием математического аппарата нечетких множеств. Индексы состояния персонала (человеческого капитала компании) определяются как решение задачи оптимизации с использованием ранжирования по значениям с учетом весовых коэффициентов, определяемых методом Т. Саати. Определение индекса топливообеспечения и технического состояния активов осуществляется на основе принятых в энергетике методик с учетом фактического состояния объекта при соблюдении условий обеспечения надежности функционирования ЕЭС. Показана эффективность инвестиций в развитие человеческого капитала, рациональные диапазоны таких инвестиций, приведены статистические данные, подтверждающие полученные теоретические выводы.

Введение

Изменения в общественно-политическом строе России, основах функционирования и технологическом обеспечении ее экономики за прошедшее столетие не оказали ключевого влияния на темпы роста ВВП за исторический период с 1913 по 2018 годы [1, 2].

Геополитическая обстановка, санкционное давление на Россию, резкое ухудшение рыночной конъюнктуры для отечественных товаров, энергоносителей и сырья, слабость внутреннего рынка, вызванная изменениями доходов населения и нарастанием необеспеченных займов и кредитов, формируют значительные

риски потери темпов роста в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Обстановка требует незамедлительного перехода к стимулированию развития факторов производства, обеспечивающих максимальную добавленную стоимость на единицу инвестиций в их освоение при той же ресурсной базе. Новой базовой детерминантой, обуславливающей высокую положительную динамику ВВП России, по мнению авторов, может стать человеческий капитал как основной фактор современного производства, способный в чрезвычайных условиях микшировать их последствия, а в обычных – генерировать новые технологии и управленческие решения Индустрии 4.0, создавать импульсы для мультипликативных эффектов и обновления других факторов производства.

В статье рассмотрены технологии современного производственного менеджмента и управления персоналом в российской энергетике в условиях, включающих элементы Индустрии 4.0.

Применение методов предиктивного анализа состояния человеческого капитала в системе управления объектами электросетевого комплекса

Глобальные вызовы, беспрецедентные технологические ограничения для России сформировали внутри страны запрос на экстренное техническое перевооружение, изменение отраслевой структуры экономики и соответствующие изменения в управлении, нацеленные на:

- интеграцию всех ресурсов и факторов производства в единую систему для укрепления национального технологического суверенитета и обеспечения технологического прорыва;
- повышение эффективности, уровня управляемости всеми факторами производства, прежде всего человеческим капиталом, без ко-

торого такая интеграция невозможна;

- повышение уровня производственной, трудовой, организационной культуры, обеспечивающей устойчивость функционирования всех факторов производства в целом.

Масштабный урок того, к чему может привести нарушение культуры эксплуатации сложного энергетического оборудования, преподнесли аварии в Чагино и на Саяно-Шушенской ГЭС. Все техногенные катастрофы – результат стечения объективных и субъективных факторов и обстоятельств. С математической точки зрения задача расчета влияния каждого из них на результат достаточно сложна, а с учетом неопределенности конечных и граничных условий слабо формализуема, поскольку каждый из факторов (кроме природных), с высокой долей вероятности обязан своим проявлением человеку.

Современные цифровые технологии позволяют сформулировать подходы к решению этой задачи. В Российской Федерации уже кодифицировано и широко применимо понятие «цифровая экономика как хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде» [4], «характерной особенностью которой является возможность полноценного взаимодействия в гибридном мире всех участников экономической деятельности» [5], «в которой данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности» [6].

Одной из целей настоящей статьи, в части, касающейся цифровизации, является попытка создания модели воздействия на человеческий капитал как системообразующий и оптимизирующий интеграцию остальных фактор производства.

Учеными, специалистами предприятий электросетевого комплекса и Минэнерго России разработаны и применяются методики комплексного определения показателей технико-экономического состояния объектов электроэнергетики для решения отраслевых задач и модернизации отрасли, в том числе цифровой [7, 8]. Чтобы попытаться ответить на вопрос, как достичь технологического прорыва в условиях значительного физического износа производственных фондов, низкой производительности и международных санкций, представляется важным решить научную задачу как оптимизационную, начиная с решения проблемы оценки прежде всего человеческого капитала:

- математически корректно определив технологию поиска рационального сочетания основных факторов энергетического производства в фактических условиях его функционирования;
- представив показатель, характеризующий фактическое состояние энергетического производства как технологического процесса, включающего три фазы: получение, преобразование, потребление энергии;
- составив целевую функцию нового современного энергетического производства (включая производственные активы, сырье, в основном топливо-энергетические ресурсы (ТЭР) и человека как основного создателя добавленной стоимости;
- приняв в качестве характеристик факторов производства индексы, то есть безразмерные (и потому аддитивные, сравнимые) показатели оценки оптимальных значений целевой функции;
- используя «Индексы технического состояния производственных активов (ИТС)», установленные в соответствии с постановлением Правительства от 19.12.2016 № 1401 [7, 8];

Ключевые слова:
#субъекты энергетики;
#производственные активы; #управление активами; #показатели технико-экономического состояния объектов энергетики;
#индекс технического состояния (ИТС);
#индекс состояния человеческого капитала; #индекс состояния персонала; #человеческий капитал; #энергетическое производство.

- приняв соотношение фактических и нормативных запасов топлива (I_T) в качестве показателя обеспеченности производства сырьем, ТЭР (индекс топливообеспечения). Этот индекс установлен в соответствии с приказом Минэнерго России от 27 ноября 2020 г. № 1062 «Об утверждении порядка создания и использования тепловыми электростанциями запасов топлива, в том числе в отопительный сезон»;
- применив для интегральной оценки состояния человеческого фактора, его потенциала и активности агрегированный показатель ($I_{СП}$) — индекс состояния персонала (индекс человеческого капитала).

Используя принятые выше обозначения, не принимая во внимание внешние факторы и рыночную конъюнктуру, составим целевую функцию индекса производственной системы ($I_{ПС}$), то есть функцию нескольких переменных, подлежащую оптимизации (минимизации или максимизации) в целях решения оптимизационной задачи. В рассматриваемом случае целевая функция — формула оценки обобщенного показателя ($I_{ПС}$), который характеризует степень достижения системой ее цели — обеспечение надежного и безопасного функционирования энергосистемы в нормальных условиях и при авариях.

Данным условиям удовлетворяет так называемая четвертая¹ (наиболее общая) форма целевой функции, которая представляет собой произвольную зависимость от всех или части (но не меньше двух) разнородных внешних параметров:

$$F(y) = F(y_1, y_2, \dots, y_m).$$

При этом разнородные параметры преобразуются в безразмерные (или

одномерные) показатели, и целевая функция формируется как некоторая композиция (например, среднее арифметическое) полученных безразмерных показателей.

Единую целевую функцию четвертой формы можно получить из целевых функций третьей формы путем умножения их на весовые коэффициенты и последующего суммирования:

$$F(\bar{y}) = \sum_{s=1}^k F_s(y_j) \cdot \omega_s, \quad (1)$$

где $F_s(y_j)$ — одна из k целевых функций третьей формы;

ω_s — ее весовой коэффициент.

При этом под целевыми функциями третьей формы мы понимаем целевые функции, составленные из целевых функций первой формы путем ранжирования по приоритетам. Целевая функция первой формы — это, как правило, функция одного внешнего параметра (например, наработки или нагрузки)

$$F(y) = F(y_j).$$

В этом случае целевая функция просто равна одному из внешних параметров или его обратной величине

$$F(\bar{y}) = y_j, \quad F(\bar{y}) = \frac{1}{\bar{y}_j}.$$

Все остальные ($m - 1$) внешних параметров переводятся в систему ограничений.

Таким образом, для решения нашей задачи целевая функция, выраженная формулой (1) в принятых обозначениях, примет следующий вид:

$$I_{ПС} = k_{ТС} I_{ТС} + k_T I_T + k_{СП} I_{СП}. \quad (2)$$

Определение весовых коэффициентов $k_{ТС}$, k_T , $k_{СП}$ отдельных целевых функций осуществляется методом

Т. Саати, их сумма должна быть равна единице.

Нахождение рационального/оптимального решения этой целевой функции будет решением поставленной нами задачи.

Формула (2) является формулой общей оценки энергетического производства. Для математического выражения оптимизации используем аппарат нечетких множеств.

«Математически эта задача описывается множеством допустимых выборов (стратегий), альтернатив и заданным на этом множестве отношением предпочтения (рациональных решений). Будучи сформулированной в понятиях нечеткой логики, задача решается достаточно корректно. В качестве решения предложено отношение $D = (\cap G_i) \cap (\cap C_j)$, $i = 1 \dots n$, $j = 1 \dots m$, которое устанавливает связь между множеством D (значением целевой функции), множествами целей G и ограничений C . Смысл этого выражения очевиден и заключается в констатации положения о том, что решение должно отвечать целям (оценка состояния энергетического производства: критическое, неудовлетворительное, удовлетворительное, хорошее, очень хорошее) и соответствовать имеемым ограничениям (наличию ресурсов, техническому состоянию и состоянию персонала). Общее математическое решение задачи через функции принадлежности с учетом свойств декартова произведения имеет вид:

$$\mu D(x) = \mu G_1(x) \times \mu G_2(x) \dots \times \mu G_n(x) \times \mu C_1(x) \dots \times \mu C_m(x) = \min [\mu G_i(x), \mu C_j(x)] \quad (3)$$

При этом множество $G_i(x)$ определяет нечеткое множество целей (состояние энергетического производства), а $C_j(x)$ — нечеткое множество ограничений (наличие и качество факторов

производства), область допустимых значений функций принадлежности составляют возможные состояния элементов анализируемых систем.

Нечеткие цели и ограничения могут быть представлены числовой осью (осью времени, осью состояний и т.д.), а решение выражено целевой функцией (в частном случае — функцией полезности). Вычисляя степень приближения показателей к экстремальному значению (в данном случае — к min) в виде отношения этих показателей, можно определить численное значение оценки состояния энергетического производства и степени приближения к границам оценочных интервалов, т.е. уточнить рациональность принимаемых решений [9], управление активами, персоналом, формирование запасов топлива, определив это выражение как функцию принадлежности целей и ограничений.

В качестве $\mu(x)$ — функции принадлежности — могут быть выбраны отношения текущего значения показателей факторов производства к его максимальному, нормативному или среднему значению, функции принадлежности ограничений, $\mu C_i(x)$. В качестве целей выступает нечеткое множество с функцией принадлежности $\mu G(x)$, которая определяется аналогично первой (функции принадлежности ограничений). При этом заметим, что и цели, и ограничения заданы на одном и том же множестве состояний элементов энергетических систем, функциональных узлов, персонала энергообъекта X и выражены через индексные показатели. С учетом этого замечания можем записать:

$$\mu C_j(x) = \mu G_i(x) = \mu C_j(x).$$

Тогда выражение (3) примет вид:

$$\mu D(x) = \mu C_1(x) \times \mu C_2(x) \times \dots \times \mu C_{j-1}(x) \times \mu C_j(x) = \min [\mu C_j(x)] \geq 0. \quad (4)$$

Выражение (4) является математическим решением конкретной задачи определения критериев состояния единичного энергообъекта и системы в целом. В случае $\mu D(x) \leq 0$ система не выполняет свои функции.

Необходимо заметить, что определение индекса технического состояния и индекса топливообеспечения можно отнести к решенным задачам. Их оценка регламентирована, апробирована и используется на практике. Индекс человеческого капитала только предлагается авторами в качестве агрегированного показателя состояния человеческого капитала. Его применение на практике требует более подробного обоснования, а также анализа ряда рисков антропогенной опасности) и методологии управления ими. Работы в этой области проводились рядом ученых — Бобровым А.Ф., Косенковым А.А., Сединым В.И., Щерблановым В.Ю. — для особо опасных объектов [10].

Рассмотрим возможность применения индекса человеческого капитала ($I_{СП}$) к оценке состояния персонала для управления надежностью и эффективностью его профессиональной деятельности, предотвращения рисков² нарушения функционирования объектов электроэнергетики, последствия которых могут быть, в том числе катастрофическими, и переходу к риск-ориентированному управлению в отрасли.

Цель предлагаемого авторами метода: оценить состояние человеческого капитала (методически обосновать, сформулировать и определить структуру) по интегральному показателю — индексу состояния персонала ($I_{СП}$),

объединяющему значения ряда других показателей его состояния в единую безразмерную величину, удобную для сравнения и оценки.

Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи:

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

Области применения предлагаемого метода: регулятор (Минэнерго России), компании (собственники, исполнительные органы, руководители структурных подразделений и HR), собственно персонал.

В результате применения индекса состояния персонала ($I_{СП}$) будет получена интегральная оценка состояния персонала объектов энергетики и/или индекс состояния персонала объектов энергетики по категориям: оперативные руководители, оперативный персонал, оперативно-ремонтный персонал энергообъектов или отрасли в целом.

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

Расчет показателей состояния персонала энергообъектов предлагается осуществлять в рамках регулирующего воздействия, нормотворческой и контрольной деятельности Минэнерго России с использованием автоматизированной системы мониторинга и комплексного расчета показателей объектов электроэнергетики на основании данных, предоставляемых субъектами электроэнергетики

¹Ниже по тексту представлены целевые функции 1, 2, 3 форм.

²«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.

ДИАПАЗОНЫ ИНДЕКСА СОСТОЯНИЯ ПЕРСОНАЛА

Таблица 1

Диапазон $I_{сп}$ (усл. ед.)	Вид состояния персонала	Вероятность реализации риска антропогенного воздействия
≤ 0	критическое	> 1
$0 < I_{сп} < 0,5$	низкое	$1 - 10^{-2}$
$0,5 < I_{сп} < 1$	среднее	$10^{-5} - 10^{-3}$
$1 < I_{сп} < 1,5$	хорошее	$10^{-6} - 10^{-5}$
$> 1,5$	очень хорошее	$10^{-8} - 10^{-6}$

в соответствии с требованиями законодательства и нормативных актов Российской Федерации.

Расчет показателей состояния персонала (оценка $I_{сп}$) осуществляется путем сопоставления фактических значений измеряемых и расчетных показателей характеристик персонала с базовыми значениями (значениями предыдущих отчетных периодов и/или пороговыми значениями по диапазонам) в следующей последовательности в зависимости от содержания основной производственной функции, определяющей:

- эксплуатацию и техническое обслуживание основного технологического оборудования объекта электроэнергетики совокупно по трем категориям;
- состояние персонала субъекта энергетики, основной производственной функцией которого является эксплуатация и техническое обслуживание основного технологического оборудования совокупно по трем категориям;
- эксплуатацию и техническое обслуживание основного технологического оборудования объекта электроэнергетики по категориям персонала;
- общую оценку рисков профессиональной деятельности персонала.

При необходимости детальный анализ состояния персонала субъектов энергетики осуществляется по категориям.

Определение индекса состояния персонала, обслуживающего основное технологическое оборудование, осуществляется по формуле (5):

$$I_{спij} = \omega_{пyij} I_{пyij} + \omega_{бпij} I_{бпij} + \omega_{кпij} I_{кпij} + \omega_{пaij} I_{пaij} \quad (5)$$

где i — номер группы основного оборудования/энергообъекта/субъекта энергетики;

j — номер (идентификатор) группы персонала ($j = 0$ — совокупно все категории персонала, $j = 1$ — оперативные руководители, $j = 2$ — оперативный персонал, $j = 3$ — оперативно-ремонтный персонал);

$\omega_{пyij}$, $\omega_{бпij}$, $\omega_{кпij}$, $\omega_{пaij}$ — постоянные коэффициенты, сумма которых равна единице.

Конкретные значения весовых коэффициентов определяются методом Т. Саати [11];

$I_{пyij}$ — индекс профессиональной успешности;

$I_{бпij}$ — индекс безопасности энергетического производства;

$I_{кпij}$ — индекс компетентности персонала;

$I_{пaij}$ — индекс психофизиологической адаптации персонала.

Формула (5) является общей формулой для определения индекса

состояния персонала группы однотипного оборудования/энергообъекта. Ее составляющие определяются нижеприведенными способами. Профессиональная успешность (профессиональный опыт, $I_{пyij}$) — свойство работника, определяющее его способность обеспечивать выполнение всех возложенных на него функций на рабочем месте в течение рабочего времени, в определенных условиях с заданными скоростью и качеством. Показатели формируются с учетом данных, предоставляемых в соответствии с требованиями приказов Минэнерго России от 02.03.2010 № 92 (приложение 1, таб. 1, 2) и от 23.07.2012 № 340 (приложение 2, п. 1.8–1.12, п. 7.10), приказа РТН от 19.08.2011 № 480 (редакция от 15.08.2017), п. 17, пп. 17, 19).

Безопасность энергетического производства (индекс $I_{бпij}$) — состояние защищенности отдельного человека, производства, общества и окружающей среды от чрезмерной опасности, обусловленной антропогенными, экологическими, техногенными и природными факторами [12]. Показатели формируются с учетом данных, предоставляемых в соответствии с требованиями приказов Минэнерго России от 02.03.2010 № 92 (приложение 1, таб. 1, 2) и от 23.07.2012 № 340 (приложение 2, п. 1.8–1.12, п. 7.10).

Профессиональная компетентность (индекс $I_{кпij}$) — совокупность данных показателей, характеризующих знания, умения, навыки и опыт (компетенции) по управлению, техническому обслуживанию и ремонту основного технологического оборудования. Показатели формируются в соответствии с учетом данных, предоставляемых в соответствии с требованиями приказов Минэнерго России от 23.07.2012 № 340 (приложение 45, раздел 2, п. 2.1).

Психофизиологическая адаптация (индекс $I_{пaij}$) — системная реакция организма человека на действие

внешних и внутренних стимулов и факторов, направленная на достижение полезного приспособительного результата деятельности. Она оценивается по объективным показателям физической и психической работоспособности персонала. $I_{пaij}$ служит критерием оценки изменений (нарушений) в состоянии психического и физического здоровья, по данным мониторинга (экспертизы) функционального состояния в соответствии с приказами Минздрава России от 30.05.2023 № 266 н «Об утверждении порядка проведения предсменных, предрейсовых и послесменных, послерейсовых медицинских осмотров, медицинских осмотров в течение рабочего дня (смены) и перечня включаемых в них исследований» и Минэнерго России № 390 от 31.08.2011 «Об утверждении порядка проведения медицинских осмотров (обследований) работников, непосредственно занятых на работах, связанных с обслуживанием объектов электроэнергетики», ст. 220 ТК РФ и приказом Минздрава России от 20 мая 2022 г. № 342 н «Об утверждении порядка прохождения обязательного психиатрического освидетельствования работниками, осуществляющими отдельные виды деятельности, его периодичности, а также видов деятельности, при осуществлении которых проводится психиатрическое освидетельствование».

Авторами разработана математическая модель и конкретные расчетные формулы определения представленных индексов.

Предложенная авторами методология позволяет рассчитать:

а) Индекс состояния персонала для основного оборудования:

$$I_{спi} = \omega_{пy_i} I_{пy_i} + \omega_{бп_i} I_{бп_i} + \omega_{кп_i} I_{кп_i} + \omega_{пa_i} I_{пa_i}$$

где $I_{пy_i}$ — индекс профессиональной успешности;

$I_{бп_i}$ — индекс безопасности энергетического производства;

$I_{кп_i}$ — индекс компетентности персонала;

$I_{пa_i}$ — индекс психофизиологической адаптации;

i — идентификатор основного оборудования/энергообъекта/субъекта энергетики;

$\omega_{пy_i}$, $\omega_{бп_i}$, $\omega_{кп_i}$, $\omega_{пa_i}$ — постоянные коэффициенты, сумма которых равна единице. Конкретные значения определяются методом Т. Саати в рамках применения метода анализа иерархий (МАИ).

б) Индекс состояния персонала для энергообъекта с учетом формулы (4):

$$I_{спэj} = \min \{I_{спэij}\}, \quad (6)$$

для $i = 1...12$ — номер группы основного технологического оборудования (при $i = 0$ — совокупно для всех категорий персонала);

для $j = 1...3$ — 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 (7):

$$I_{спэj} = \min \{I_{спэj1}, I_{спэj2}, \dots, I_{спэj4}\}, \quad (7)$$

для $j = 1...4$ — номер категорий персонала (оперативный, оперативно-ремонтный, административно-технологический персонал и оперативные руководители).

Применяется «светофорная» индикация $I_{спэj}$ (табл. 1).

в) Индекс состояния персонала субъекта электроэнергетики ($I_{спс}$) определяется по формуле (8):

$$I_{спс} = \frac{\sum_1^k (N_{прk} \times I_{спэijk})}{\sum_1^k (N_{прk})}, \quad (8)$$

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

$N_{прk}$ — приведенная мощность k-того объекта электроэнергетики субъекта электроэнергетики или его обособленного подразделения. $N_{прk}$ определяется в соответствии с приложением 9 к приказу Минэнерго России от 26 июля 2017 г. № 676.

Для оценки экономических последствий рисков профессиональной деятельности персонала величина риска антропогенного воздействия определяется на основе рассчитанной вероятности отказа оборудования из-за неправильных действий/бездействия персонала с учетом всех составляющих формулы (8), в том числе в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору.

Оценка вероятности наступления ущерба из-за реализации риска антропогенного воздействия по индексу его состояния осуществляется по формуле [12]:

$$Z_i = 1 - I_{сп} / \text{sup}(D), \quad (9)$$

где $I_{сп}$ — индекс состояния персонала ($I_{сп}/100$ — индекс на единицу измерений диапазона);

D — значения индекса состояния персонала по диапазонам согласно таблице 1.

Интерес представляет предельный случай попадания $I_{сп}$ в критический диапазон, где крайне вероятен отказ оборудования по причине неправильных

действий/бездействия персонала. При этом, если $Z_i \geq 1$, то необходимо задаться следующим по величине значением $sup(D)$ и определить вероятность в соответствии со следующим диапазоном. Уточнение соотношения (9) осуществляется по мере накопления данных.

Вероятность отказа единицы основного технологического оборудования и/или несчастного случая уточняется на основании существующей статистики или по результатам машинного обучения на онтологической модели производственной деятельности субъекта или единицы технологического оборудования.

Оценка возможного ущерба из-за отказа единицы основного технологического оборудования (последствия отказа основного технологического оборудования 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.

Показатели формируются в соответствии с требованиями приказов Минэнерго России от 23.07.2012 № 340 (приложение № 44), от 2 марта 2010 г. № 90 (с изменениями), от 17 апреля 2019 г. № 123 и приказа РТН от 19.08.2011 № 480 (редакция от 15.08.2017), п. 17, пп. 17, 19.

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

$$P_i = Z_i \times U_i, \quad (10)$$

где P_i — риск наступления ущерба от антропогенного воздействия;

Z_i — вероятность наступления ущерба от реализации риска антропогенного воздействия;

U_i — величина ущерба (финансовые потери).

Результаты оценки состояния персонала (значения $I_{сп}$) характеризуют его готовность к обеспечению функционирования основного технологического оборудования и ранжируются по убыванию в группах однотипного оборудования. Наименьший индекс состояния персонала в группе выбранного основного технологического оборудования или категории персонала (для энергообъектов) определяет наивысший приоритет необходимости осуществления воздействия на персонал, его обслуживающий. Диапазоны $I_{сп}$, установленные в таблице 1, определяют необходимые виды воздействия, которые приведены в таблице 2.

На основе оценки динамики изменения значений $I_{сп}$ осуществляется прогноз изменения индекса и времени достижения критического состояния, при которых работа оперативных руководителей, оперативного, оперативно-ремонтного персонала будет недопустима (работник должен быть отстранен от исполнения обязанностей).

Результаты проведенных расчетов объединяют в карту возможных сценариев выбора вариантов принятия решений по воздействию на персонал (карта выбора решений), 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 кадровой политикой, согласно карте выбора решений, планируются программы работы с персоналом.

Схема риск-ориентированной модели принятия решения о виде воздействия на сферу управления персоналом приведена на рисунке 1.

На основе разработанных систем показателей имеется возможность сформировать интегральный показатель качества/эффект от внедрения предложений цифровизации управления производственными активами и человеческими ресурсами корпорации:

$$\mathcal{E}_{TC} = \sum_{i=1}^{n_i} (1 - K_{ЭКСТ_i} \times K_{ИНТ_i}) \times OF_i + \sum_{i=1}^{n_i} I_{м^i}, \quad (11)$$

где \mathcal{E}_{TC} — интегральный экономический эффект от повышения эффективности управления производственными активами;

$K_{ЭКСТ_i}$ — коэффициент экстенсивной загрузки оборудования в i -м подразделении;

$K_{ИНТ_i}$ — коэффициент интенсивной загрузки оборудования в i -м подразделении;

OF_i — среднегодовая балансовая стоимость основных средств, производственных активов в i -м подразделении;

МЕРЫ РЕГУЛИРУЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЕРСОНАЛ (СПРАВОЧНО)

Таблица 2

Диапазон $I_{сп}$	Уровень состояния и риск утраты профессиональной дееспособности персонала	Меры воздействия
≤ 0	Критический уровень. Очень высокий риск утраты профессиональной дееспособности	Отстранение от исполнения обязанностей, исключение из профессиональной деятельности по обслуживанию оборудования до восстановления требуемого уровня показателей
$0 < I_{сп} < 0,5$	Низкий уровень. Значительный риск утраты профессиональной дееспособности	Внеплановое обучение с контрольной проверкой знаний, неотложные мероприятия по специальным профессиональным тренировкам персонала, неотложные мероприятия по оздоровлению персонала (через механизм ДМС, внеплановые медицинские обследования персонала)
$0,5 < I_{сп} < 1,0$	Средний уровень. Средний риск утраты профессиональной дееспособности	Плановое обучение с контрольной проверкой знаний, плановые мероприятия по тренировкам, плановые мероприятия по оздоровлению персонала
$1,0 < I_{сп} < 1,5$	Высокий уровень. Незначительный риск утраты профессиональной дееспособности	Плановые стимулирующие мероприятия материального и нематериального характера
$> 1,5$	Очень высокий уровень. Отсутствует риск утраты профессиональной дееспособности	Плановые стимулирующие мероприятия материального и нематериального характера. Повышение в должностной позиции или окладе

I_{Mi} — моральный износ основных фондов в i -м подразделении;

n — количество исследуемых структурных подразделений.

$$\mathcal{E}_{ПЕР} = \sum_{i=1}^N (\sum_{j=1}^{n_j} (\Delta W_{ji} - \Delta Z_{ji}) + \Delta Z_{жт}^{0Б} - Z_{исп}^n) - \sum_{i=1}^N Z_j^{соц}, \quad (12)$$

где $\mathcal{E}_{ПЕР}$ — ожидаемый экономический эффект от мероприятий по повышению качества управления человеческими ресурсами;

N — количество подразделений, участвующих в реализации программы по развитию персонала;

W_{ji} — прирост выработки i -го работника в j -м подразделении;

ΔZ_{ji} — абсолютная разница в издержках на i -го работника в j -м подраз-

делении при реализации программы развития персонала;

$\Delta Z_{жт}^{0Б}$ — абсолютная разница в затратах на обучение и повышение квалификации персонала в результате изменения коэффициента текучести персонала j -го подразделения;

$Z_{исп}^n$ — затраты по оценке уровня использования персонала в j -м подразделении;

$Z_j^{соц}$ — затраты на соцпакет в j -м подразделении.

Для применения на практике представленных в статье методов и показателей авторы совместно с РЭУ им. Плеханова учли дополнительно в расчетах следующие показатели: абсолютная разница в затратах на обучение и повышение квалификации персонала в результате из-

менения коэффициента текучести персонала j -го подразделения и затрат по оценке уровня использования персонала в j -м подразделении. Уровень использования персонала включает в себя изменение производительности труда и степень загрузки сотрудников в течение календарного года.

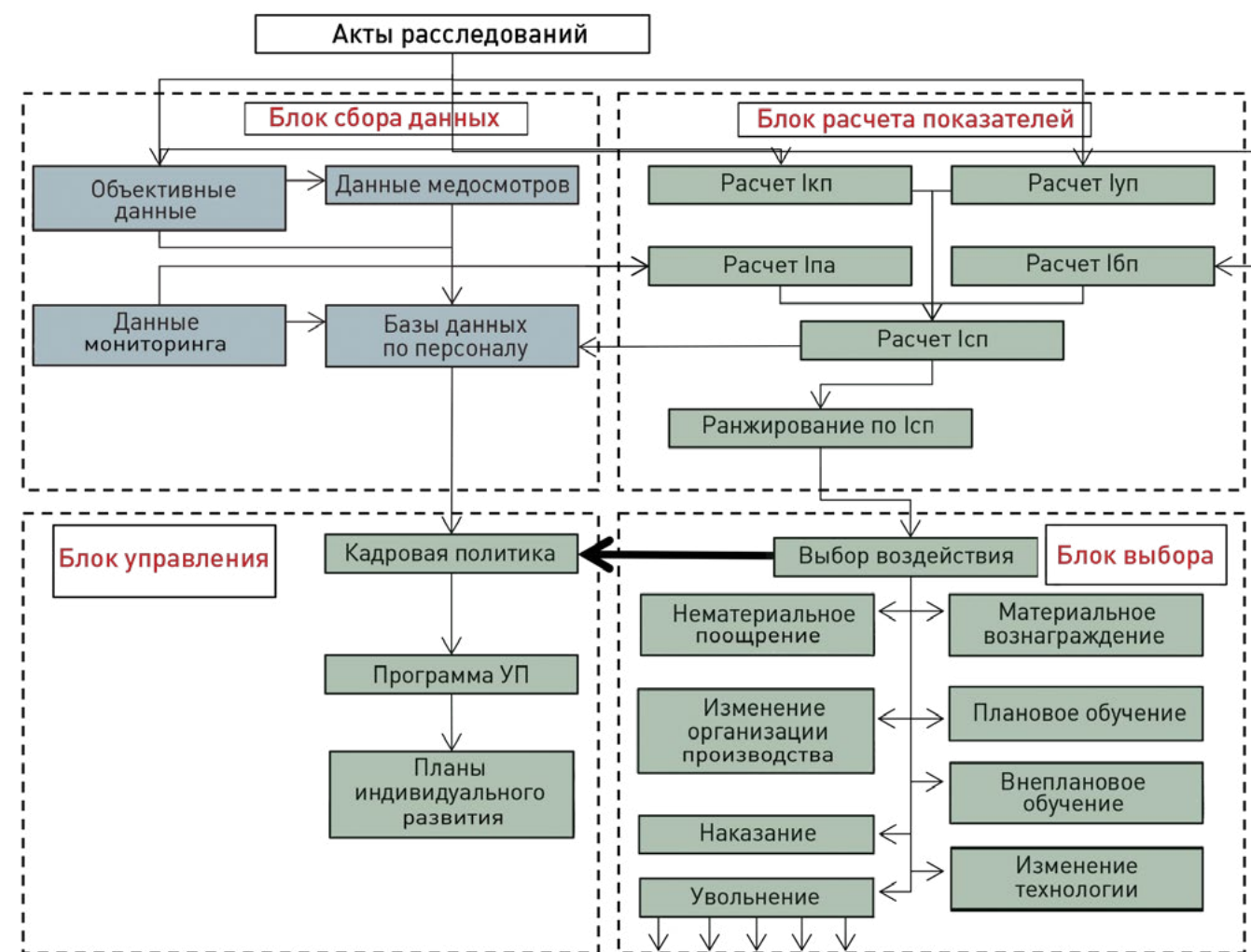
На основании открытых данных финансовой отчетности ПАО «Россети» за 2017 г. авторы сделали совместный с РЭУ им. Плеханова расчет возможных экономических эффектов от применения методов предиктивного анализа состояния основных факторов энергетического производства.

Для ПАО «Россети Московский регион» повышение эффективности управления персоналом блока главного инженера за 2017 г. могло бы составить:

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

СХЕМА РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ВИДЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СФЕРУ УПРАВЛЕНИЯ

Рис. 1



Эпер = ((530 – 100) + 210 – 20) – 370 = 250 тыс. руб., а во всех подразделениях и дочерних предприятиях Группы «Россети» за 2017 г. — около 15 млрд руб.

Имплементация представленных в статье методов в систему корпоративного мониторинга ПАО «Россети» позволила бы получить экономический эффект по итогам 2017 года в размере около 171 млрд руб. (~15 млрд руб. за счет повышения качества управления персоналом и около ~156 млрд руб. за счет повышения качества управления основными фондами).

Заключение

Таким образом, разработанная авторами система методов предиктивного анализа основных факторов энергетического производства и индикативной оценки состояния человеческого капитала (персонала) как главного фактора современного производства и Индустрии 4.0 позволяет не только повысить качество корпоративного управления предприятием, группой предприятий, но и получить масштабируемый отраслевой экономический эффект, обеспечивающий дополнительные

источники фондирования модернизации и цифровизации отрасли, что позволит:

- обеспечить заданный нормативный уровень надежности при генерации и транспорте электроэнергии;
- определить необходимые численность и квалификационный состав 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 том числе отраслевыми специалистами — базовым элементом человеческого капитала;
- 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 № 196-ФЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рашин А.Г. Население России за 100 лет, 1811–1913: статистические очерки. Под ред. акад. С.Г. Струмилина. — Москва: Государственное статистическое издательство, 1956. 324 с. URL: https://archive.org/details/naseleniye_rossii_zh_sto_let/page/8/mode/2up (дата обращения: 08.11.2023).
2. Бачеров А.В. Макроэкономические показатели России. Прошлое, и что ждать в будущем. Москва, 05.03.2018. URL: http://new.ab-trust.ru/upload/files/makro_russia_2018.pdf (дата обращения: 09.11.2023).
3. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы: Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203. [Официальный интернет-портал правовой информации. Государственная система правовой информации]. URL: <http://pravo.gov.ru/> (дата обращения: 09.11.2023).
4. Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р, Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». [Официальный интернет-портал

- правовой информации. Государственная система правовой информации]. URL: <http://pravo.gov.ru/> (дата обращения: 09.11.2023).
5. Клячко Т.Л., Синельников-Мурылев С.Г. Стратегия для России: образование. М.: Изд. дом «Дело», РАНХиГС. 2018. 118 с. (Науч. докл.: Образование).
6. Глазьев С.Ю., Кара-Мурза С.Г., Батчиков С.А. Белая книга. Экономические реформы в России 1991–2001. URL: https://royallib.com/read/karamurza_serгей/belaya_kniga_ekonomicheskie_reformi_v_rossii_19912001.html?ysclid=lsaaabdgew52567819#0 (дата обращения: 08.11.2023).
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 19.12.2016 № 1401 «О комплексном определении показателей технико-экономического состояния объектов электроэнергетики, в том числе показателей физического износа и энергетической эффективности объектов электросетевого хозяйства, и об осуществлении мониторинга таких показателей».
8. Приказ Минэнерго РФ от 26 июля 2017 г. № 676 «Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей».
9. Ершов Г.А., Мищеряков С.В. Критериальная оценка качества управленческих решений на базе нечеткой логики в техногенных системах. Москва, 1998.
10. Бобров А.Ф., Косенков А.А., Седин В.И., Щепланов В.Ю. Оценка функциональной надежности работников опасных производств. // Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Человеческий фактор энергетики XXI века: качество, надежность, здоровье». М.: Новые печатные технологии, 2017.
11. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. М.: ЛКИ, 2008. 360 с.
12. ГОСТ Р 22.0.02–94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.

Для цитирования: Мищеряков С.В., Зимин К.А., Применение методов предиктивного анализа состояния человеческого капитала в управлении объектами электросетевого комплекса // Энергия единой сети. 2024. № 1 (72). С.10–19.

Диссертационный совет

Диссертационный совет
75.1.066.01
при АО «НТЦ ФСК ЕЭС»
по присуждению ученых степеней кандидата и доктора технических наук по научной специальности:

2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы» (технические науки)

действует на основании Приказа Министерства науки и высшего образования РФ от 22.06.2023 № 1312/нк

Контакты:
Тел: +7 (495) 727-19-09
Факс: +7 (495) 727-19-09
115201, Россия, Москва,
Каширское ш., д. 22, к. 3