
УДК 631.311.1

МЕТОДИКА КАТЕГОРИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ФАКТОРОВ РИСКА И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ

© 2022 г. М. С. Ершов¹, А. Н. Комков¹, *, И. А. Мелик–Шахназарова¹

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
“Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский
университет) им. И.М. Губкина”, Москва, Россия

*e-mail: komkov.a@gubkin.ru

Поступила в редакцию 15.06.2021 г.

После доработки 10.12.2021 г.

Принята к публикации 16.12.2021 г.

В статье предложена методика назначения категорий электроприемников по требованиям надежности их электроснабжения. Понятие “категория электроприемника” является основополагающим в отношении обеспечения надежности электроснабжения и давно используется в общепромышленной и отраслевой руководящей документации. Вместе с тем трактовка давно отработанных формулировок по отношению приемника к той или иной категории до сих пор остается неоднозначной и допускает разночтения, что особенно проявляется в отраслевых документах. Для того чтобы формализовать процесс отнесения приемника к той или иной категории, сделать его более объективным, предложена методика, опирающаяся на активно развиваемые в последнее время методы экспертной оценки рисков. Методика позволяет качественно оценить риски и формализовать процедуру установления категории того или иного электроприемника, не переходя к стоимостным выражениям. Приведены примеры экспертной качественной оценки рисков и выбора категории электропривода объектов нефтегазовой промышленности.

Ключевые слова: электроприемник, категория электроприемника, надежность электроснабжения, риски, методика

DOI: 10.31857/S0002331022020030

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Основным документом, определяющим требования к надежности электроснабжения приемников электрической энергии – электроприемников (ЭП), являются Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [1], утвержденные Министерством энергетики Российской Федерации (Приказ от 8 июля 2002 г. № 204). Категории ЭП и требования к обеспечению надежности их электроснабжения установлены в Главе 1.2, пункты 1.2.17–1.2.21. Согласно ПУЭ в отношении обеспечения надежности электроснабжения ЭП разделяются на три категории. Наряду с общепромышленными существуют отраслевые нормативные документы по категорированию надежности электроснабжения приемников энергии [3, 4]. Анализ отраслевых документов показывает неоднозначность и возможность изменения трактовки формулировок категорирования надежности, принятых в ПУЭ.

Так, согласно ПУЭ, понятие “категория электроприемника по надежности электроснабжения” не следует относить к комплексу электроприемников или к потребителю в целом, это понятие правомерно только в отношении индивидуального элек-

троприемника [2]. Для потребителя характерно лишь сочетание в различных пропорциях электроприемников категорий I, II и III. Для отраслевых документов характерно стремление завязать требования к надежности электроснабжения объектов отрасли, это может достигаться категорированием не электроприемников, а комплекса электроприемников [3], и может быть обусловлено неучетом наличия технологического резерва, стремлением установить однозначные требования независимо от производительности технологических установок. Хотя раздел 1.2.19 ПУЭ гласит: “Если резервированием электроснабжения нельзя обеспечить непрерывность технологического процесса или если резервирование электроснабжения экономически нецелесообразно, должно быть осуществлено технологическое резервирование, например, путем установки взаимно резервирующих технологических агрегатов, специальных устройств безаварийного останова технологического производства, действующих при нарушении электроснабжения”.

Электроприемники, отключение которых приводит к массовому недоотпуску продукции, нередко относят не ко II категории, а к I категории, мотивируя это решение тем, что наносится “значительный ущерб народному хозяйству”. Неоднозначность формулировок ПУЭ не может быть основанием для перевода ЭП крупного производства из II в I категорию. Понятие “значительный ущерб народному хозяйству” следует относить к группе производств (предприятий), региону, отрасли, но не к одному предприятию [2].

При установлении категории надежности электроснабжения помимо требований, перечисленных в ПУЭ, целесообразно учитывать такой важный фактор как допустимое время перерыва в электроснабжении.

Из изложенного выше можно заключить о необходимости более гибкого и в тоже время формализованного подхода к категорированию надежности электроприемников. Категорирование надежности электроприемников является по сути экспертной задачей, решению которой на новом уровне могла бы способствовать система страхования рисков от нарушения энергоснабжения. Для ее создания требуется проработка юридических, финансовых и технических вопросов. К техническим вопросам можно отнести создание методической базы для оценки рисков нарушения энергоснабжения. Методы оценки рисков в производственной деятельности находят все большее применение в промышленности [5, 6]. Идентификация рисков осуществляется различными методами [7–11]. В данной работе для оценки рисков принят метод “анализа последствий риска” с учетом метода “анализа факторов риска” [5, 6]. Данные методы наиболее полно отвечают задачам систем электроснабжения и позволяют учесть факторы, определяющие требования к надежности электроснабжения электроприемников.

2. МЕТОДИКА КАТЕГОРИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

2.1. Классификация рисков

Классификация рисков по последствиям осуществлена в соответствии с положениями ПУЭ [1], п. 1.2.17–1.2.21:

1. Государственный риск
 - 1.1. Угроза для безопасности государства
 - 1.2. Значительный материальный ущерб
 - 1.3. Нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи
2. Риск влияния на персонал
 - 2.1. Опасность для жизни людей
 - 2.2. Нарушений нормальной деятельности значительного количества работников или жителей

3. Имущественный риск

3.1. Снижение стоимости материальных активов в результате выхода из строя оборудования или снижения его ресурса и другие прямые потери

4. Производственно-экономический риск

4.1. Расстройство сложного технологического процесса

4.2. Массовый недоотпуск продукции (невыполнение плана добычи, переработки, транспорта, реализации, недополучение запланированного дохода), упущенная выгода

5. Экологический риск

5.1. Нарушения нормативных значений ПДК выбросов и загрязнений окружающей среды

Классификация рисков по факторам осуществлена с учетом положений ПУЭ [1], п. 1.2.19 и представлена ниже:

1. Внутренний риск

1.1. Технологический

1.1.1. Наличие технологического резерва

1.1.2. Величина допустимого времени перерыва в электроснабжении

1.2. Технический

1.2.1. Наличие технологических и электрических систем автоматического управления, действующих в послеаварийных режимах

Длительность допустимого перерыва в электроснабжении должна быть обоснована и учитывать инерционность обеспечиваемого технологического и сопутствующих ему процессов [6]. Предлагается электроприемники по требованиям к допустимому времени электроснабжения дифференцировать по группам, определяемым инерционностью процессов цифровой обработки данных, электромагнитных, электромеханических, тепло- и массообменных процессов:

1. Недопускающий разрыва синусоиды питающего напряжения;

2. Допускающий кратковременный перерыв в электроснабжении, определяемый инерционностью электромагнитных процессов, составляющий сотые доли секунды;

3. Допускающий кратковременный перерыв в электроснабжении, определяемый инерционностью электромеханических процессов – десятые доли секунды;

4. Допускающий кратковременный перерыв в электроснабжении, определяемый инерционностью технологических массообменных потоков – секунды, а при наличии накопителей – до десятков минут;

5. Допускающий кратковременный перерыв в электроснабжении, определяемый инерционностью процессов нагрева и охлаждения – десятки минут;

6. Допускающий длительный перерыв в электроснабжении, которое может приводить к снижению производительности технологического процесса и в допустимых пределах качества продукции – более 1 часа;

7. Допускает неограниченный перерыв в электроснабжении, не влияющий на технологический процесс и безопасность.

2.2. Оценка рисков

Оценки рисков осуществляются на качественном или количественном уровнях [5]. Количественная оценка риска применяется в том случае, когда существует возможность определения последствий наступления рисковог о события в денежной форме. Подход, основанный на количественной оценке рисков, требует разработки дополнительных методик, включая методику оценки ущербов, и в данной работе не используется.

Для определения **качественной оценки риска** необходимо провести оценку наиболее ожидаемых возможных последствий реализации риска, указанных выше в классификаторе рисков по последствиям. Вероятность рисков оценивается с учетом факторов, приведенных выше.

На первом этапе категория электроприемника определяется по его значимости в рамках технологической цепочки, а также по его роли в обеспечении безопасности объекта.

Для определения качественной оценки риска необходимо провести оценку наиболее ожидаемых последствий реализации риска, указанных выше в классификаторе рисков. Фрагмент шкалы качественной оценки величины последствий риска представлен в табл. 1. Вероятности рисков оцениваются по шкале, представленной в табл. 2. Вероятность рисков оценивается с учетом факторов, приведенных выше, оценка которых осуществляется по шкале оценки факторов, фрагмент которой представлен в табл. 3.

Оценку рисков нарушения электроснабжения приемника энергии рекомендуется осуществлять экспертно. На основании результатов опроса производится расчет *оценки величины последствий риска (ВП)* и *вероятности риска (В)* по соответствующим формулам

$$ВП_k = \sum(ВП_{ki}/N), \quad i = 1, \dots, N, \quad (1)$$

$$В_k = \sum(k_{ki}В_{ki}/N), \quad I = 1, \dots, N, \quad (2)$$

где $ВП_{ki}$ и $В_{ki}$ – величина последствий k -го риска и величина вероятности k -го риска, по мнению i -го эксперта, $i = 1 \dots N$; N – число экспертов; k_{ki} – поправочный коэффициент; k – номер риска.

Для оценки вероятностей государственных рисков и рисков влияния на персонал значение поправочных коэффициентов принимается равными единице $k_{1i} = k_{2i} = 1$.

Значения поправочных коэффициентов для имущественного k_{3i} , производственно-экономического k_{4i} и экологического k_{5i} рисков принимаются равными и определяются исходя из результатов оценки внутренних (технологического и технического) факторов (Φ) по шкале, представленной в табл. 3. Если сумма оценок факторов, осуществленная i -ым экспертом от 3 до 7, то значение коэффициентов для данного эксперта принимается равным 0.75, если сумма оценок факторов не меньше 8, то значение коэффициента принимается равным 0.5, в противном случае значение коэффициента принимается равным 1.0

$$k_{3i} = k_{4i} = k_{5i} = 0.5, \quad \text{если } \Phi \geq 8; \quad (3)$$

$$k_{3i} = k_{4i} = k_{5i} = 0.75, \quad \text{если } 7 \geq \Phi \geq 3; \quad (4)$$

$$k_{3i} = k_{4i} = k_{5i} = 1.0, \quad \text{если } \Phi < 3. \quad (5)$$

Качественная интегральная оценка (КИО) содержит бальную оценку возможного ущерба в результате реализации рисков события с учетом вероятности его возникновения и определяется как средневзвешенная величина по формуле

$$КИО = \sum ВП_k В_k, \quad k = 1, \dots, 5. \quad (6)$$

Основанием для установления категории ЭП по требованиям к надежности электроснабжения должно быть выполнение условий, приведенных в табл. 4.

2.3. Примеры определения категории надежности электроприемника

Ниже в табл. 5 представлен **первый пример** анкеты для определения категории надежности электроприемника – асинхронного привода с номинальной мощностью двигателя 15 кВт штанговой глубинно-насосной установки (ШГНУ) типа СКН5-3015 нефтедобывающей скважины.

Проведем качественную оценку влияния сопутствующих факторов. Так как отсутствует дублирующее оборудование, оценка влияния фактора “1.1.1. Наличие технологического резерва” равна 0. По условию допустимости длительного перерыва электроснабжения более 1 ч, которое может приводить к снижению производительности тех-

Таблица 1. Фрагмент шкалы качественной оценки величины последствий риска

Критерии оценки	Величина последствий риска				
	Незначительные (1 балл)	Допустимые (2 балла)	Существенные (3 балла)	Критические (4 балла)	Катастрофические (5 баллов)
1. Государственный риск					
Любые последствия государственного риска				Устанавливается требованием государственных органов региона	Устанавливается требованием государственных органов страны
2. Риск влияния на персонал					
Опасность для жизни людей	Микротравмы	Легкие травмы	Причинение вреда здоровью средней тяжести.	Групповое причинение вреда здоровью средней тяжести, профессиональные заболевания (отравления). Одиночные несчастные случаи со смертельным исход	Групповые несчастные случаи со смертельным исходом, тяжелые профессиональные заболевания (отравления), включая население территорий
Нарушений нормальной деятельности значительного количества работников или жителей	Нарушений нормальной деятельности группы (до 10) работников или жителей на время период до 12 часов	Нарушений нормальной деятельности группы (10 и более) работников или жителей на время период от 12 часов до суток	Нарушений нормальной деятельности группы (≥ 10) работников или жителей на время от суток до 7 дней	Нарушений нормальной деятельности группы (≥ 10) работников или жителей на длительное время, связанное с необходимостью эвакуации людей	Нарушений нормальной деятельности всех работников или жителей населенных пунктов на длительное время, связанное с необходимостью эвакуации людей
3. Имущественный риск					
Снижение стоимости материальных активов в результате выхода из строя оборудования или снижения его ресурса и другие прямые потери	Отказ отдельных элементов или сокращение ресурса машины или агрегата, устраняемое в результате технического обслуживания	Отказ отдельных элементов или сокращение ресурса машины или агрегата, устраняемое в результате ремонта	Сокращение ресурса машин и агрегатов, не устраняемое в результате ТОиР	Разрушение отдельных машин и агрегатов и другие прямые потери, величина которых сопоставима со стоимостью разрушенного оборудования	Разрушение технологических установок и производственных линий и другие прямые потери, величина которых сопоставима со стоимостью оборудования

Таблица 1. Окончание

Критерии оценки	Величина последствий риска				
	Незначительные (1 балл)	Допустимые (2 балла)	Существенные (3 балла)	Критические (4 балла)	Катастрофические (5 баллов)
4. Производственно-экономический риск					
Расстройство сложного технологического процесса	Остановка отдельной машины или агрегата на время автоматического включения	Остановка нескольких технологически связанных машин и агрегатов на время автоматического включения	Кратковременная (на время ручного включения) остановка нескольких технологически связанных машин и агрегатов	Кратковременная (на время ручного включения) остановка технологической линии (отдельных производств)	Длительная (на время свыше 1 часа) остановка технологической линии или остановка производства организации в целом
Массовый недоотпуск продукции, упущенная выгода	Невыполнение суточного плана производства, устраняемое в дальнейшем	Невыполнение месячного плана производства, устраняемое в дальнейшем	Невыполнение квартального плана производства, устраняемое в дальнейшем	Невыполнение полугодичного плана производства, устраняемое в дальнейшем	Невыполнение плана производства за месяц и более, неустраняемое в дальнейшем

Таблица 2. Шкала оценки вероятности риска

Качественная оценка и характеристика вероятности*				
Очень низкая	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов
Редкое событие (может произойти в исключительных случаях)	Рисковое событие может наступить в течение 4 лет	Рисковое событие может наступить в течение 2 лет	Рисковое событие может наступить в течение 1 года	Рисковое событие. Скорее всего произойдет в течении 1 года, имеется статистика многократного наступления события в течении 1 года в прошлом
Количественная оценка значения и диапазона вероятности				
0.10	0.25	0.50	0.75	0.90
0–0.15	>0.15–0.40	>0.40–0.60	>0.60–0.85	>0.85–1.0

Примечание: * – вероятность невозможного события оценивается нулем.

нологического процесса, по фактору “1.1.2 Величина допустимого времени перерыва электроснабжения” выбирается оценка 3. Восстановление технологического процесса обеспечивается за счет автоматического повторного пуска электроприемника, поэтому оценка влияния фактора “1.2.1 Наличие технологических и электрических САУ, действующих в послеаварийных режимах” равна 2. Качественная оценка влияния сопутствующих факторов сведена в табл. 6. Суммарная величина оценок названных факторов составила $\Phi = 5$.

Согласно условию (4) $k_{3i} = k_{4i} = k_{5i} = 0.75$.

Таблица 3. Фрагмент шкалы качественной оценки влияния сопутствующих факторов на требования надежности электроснабжения ЭП

Фактор	Характеристика и оценка влияния фактора**				
	Незначительные (1 балл)	Малое (2 балла)	Существенные (3 балла)	Большое (4 балла)	Определяющее (5 баллов)
1.1 Внутренний технологический					
1.1.1 Наличие технологического резерва	Наличие дублирующего оборудования в ненагруженном резерве, введение которого в работу сопровождается длительным (более 1 часа) нарушением ТП	Наличие дублирующего оборудования в ненагруженном резерве, введение которого в работу сопровождается кратковременным (до 1 часа) нарушением ТП	Наличие дублирующего оборудования в нагруженном резерве, кратковременно (до 1 часа) замещающее отказавшее	Наличие дублирующего оборудования в нагруженном резерве, длительно (более 1 часа) замещающее отказавшее	Наличие дублирующего оборудования в нагруженном резерве, неограниченно по времени замещающее отказавшее
1.1.2 Величина допустимого времени перерыва в электроснабжении	Допускающий кратковременный перерыв в электроснабжении, определяемый инерционностью технологических потоков — до нескольких секунд	Допускающий кратковременный перерыв в электроснабжении, определяемый инерционностью технологического оборудования (наличие накопителей) — до 1 ч	Допускающий длительный перерыв в электроснабжении, которое может приводить к снижению производительности ТП — более 1 часа	Допускает длительный перерыв в электроснабжении, не влияющий на ТП и безопасность — более 1 часа	Допускает неограниченный перерыв в электроснабжении, не влияющий на ТП и безопасность

Примечание: ** — при полном отсутствии влияния фактора его оценка считается равной нулю.

Таблица 4. Таблица соответствия категорий ЭП и рисков нарушения электроснабжения

Категория ЭП	Условия категорирования по оценке рисков	
	КИО (баллов)	Число критичных и катастрофических последствий
I категория	Свыше 24	Не менее двух критических или одного катастрофического последствий с учетом ⁽¹⁾
II категория	От 14 до 24	Не менее одного критического последствия с учетом ⁽²⁾
III категория	До 14	Отсутствие критических и катастрофических последствий

Примечание: При определении категории учитываются дополнительные условия по следующим рискам:

⁽¹⁾ если оценка величины последствий *государственного риска* равна 4 или 5, то ЭП относится к особой группе I категории независимо от оценок остальных рисков; ⁽²⁾ если оценка величины последствий *риска влияния на персонал* 3 и более, то ЭП относится к I категории независимо от оценок остальных рисков, если величина последствий *риска влияния на персонал* равна 4 или 5, то ЭП относится к “особой группе” I категории независимо от оценок остальных рисков.

Качественная интегральная оценка рисков, определяемая по формулам (6), (1) и (2), составила

$$\text{КИО} = 0 \times (1 \times 0) + 0 \times (1 \times 0) + 0 \times (1 \times 0) + 1 \times (0.75 \times 1) + 1 \times (0.75 \times 4) + 1 \times (0.75 \times 2) + 0 \times (0.75 \times 0) = 5.25.$$

Согласно критериев, представленных в табл. 4, (КИО < 14, отсутствуют критические и катастрофические последствия), поэтому электроприемнику присваивается III категория надежности электроснабжения.

Таблица 5. Анкета экспертного опроса для качественной оценки риска с целью определения категории электроприемника – электропривода ШГНУ СКН5-3015

№ п/п	Наименование риска	Оценка последствий (ВП) в баллах (от 0 до 5) <i>см. табл. 1</i>	Оценка вероятности (В) в баллах (от 0 до 5) <i>см. табл. 2</i>	Значения поправочных коэффициентов k_{ij} и комментарии <i>см. табл. 3</i>
1. Государственный риск				
1.1–1.3	Любые последствия государственного риска	0	0	1
2. Риск влияния на персонал				
2.1	Опасность для жизни людей	0	0	1
2.2	Нарушений нормальной деятельности значительного количества работников или жителей	0	0	1
3. Имущественный риск				
3.1	Снижение стоимости материальных активов в результате выхода из строя оборудования или снижения его ресурса	1	1	0.75 $\Phi = 5$
4. Производственно-экономический риск				
4.1	Расстройство сложного технологического процесса	1	4	0.75 $\Phi = 5$
4.2	Массовый недоотпуск продукции (невыполнение плана добычи, переработки, транспорта, реализации), упущенная выгода	1	2	0.75 $\Phi = 5$
5. Экологический риск				
5.1	Нарушения нормативных значений ПДК выбросов и загрязнений окружающей среды	0	0	0.75 $\Phi = 5$

Таблица 6. Качественная оценка влияния сопутствующих факторов

Фактор	Характеристика и оценка влияния фактора	
	Оценка влияния	Описание
1.1 Внутренний технологический		
1.1.1 Наличие технологического резерва	0	Отсутствует дублирующее оборудование
1.1.2 Величина допустимого времени перерыва в электроснабжении	3	Допускающий длительный перерыв в электроснабжении, которое может приводить к снижению производительности ТПр – более 1 часа
1.2 Внутренний технический		
1.2.1 Наличие технологических и электрических САУ, действующих в послеаварийных режимах	2	Обеспечивает восстановление ТПр за счет автоматического повторного пуска ЭП

ИТОГО: $\Phi = 5$

Таблица 7. Анкета экспертного опроса для качественной оценки риска с целью определения категории электроприемника – электропривода компрессора водородной компрессорной станции

№ п/п	Наименование риска	Оценка последствий (ВП) в баллах (от 0 до 5) <i>см. табл. 1</i>	Оценка вероятности (В) в баллах (от 0 до 5) <i>см. табл. 2</i>	Комментарии и значения поправочных коэффициентов $k_{ij}^{(1)}$ <i>см. табл. 3</i>
1. Государственный риск				
1.1–1.3	Любые последствия государственного риска	0	0	1
2. Риск влияния на персонал				
2.1	Опасность для жизни людей	3	1	1
2.2	Нарушений нормальной деятельности значительного количества работников или жителей	3	1	1
3. Имущественный риск				
3.1	Снижение стоимости материальных активов в результате выхода из строя оборудования или снижения его ресурса	3	1	0.75 $\Phi = 5$ (см. ниже)
4. Производственно-экономический риск				
4.1	Расстройство сложного технологического процесса	3	4	0.75 $\Phi = 5$
4.2	Массовый недоотпуск продукции (невыполнение плана добычи, переработки, транспорта, реализации), упущенная выгода	2	4	0.75 $\Phi = 5$
5. Экологический риск				
5.1	Нарушения нормативных значений ПДК выбросов и загрязнений окружающей среды	2	3	0.75 $\Phi = 5$

Таблица 8. Качественная оценка влияния сопутствующих факторов

Фактор	Характеристика и оценка влияния фактора	
	Оценка влияния	Описание
1.1 Внутренний технологический		
1.1.1 Наличие технологического резерва	2	Наличие дублирующего оборудования в нагруженном резерве, кратковременно (до 1 часа) замещающее отказавшее
1.1.2 Величина допустимого времени перерыва в электропитании	1	Допускающий кратковременный перерыв в электропитании, определяемый инерционностью технологических потоков – до нескольких секунд
1.2 Внутренний технический		
1.2.1 Наличие технологических и электрических САУ, действующих в послеаварийных режимах	1	Обеспечивает автоматический безаварийный останов ЭП по заданным планам

ИТОГО: $\Phi = 4$

Далее в табл. 7 представлен **второй пример** анкеты для определения категории надежности электроприемника – синхронного электропривода компрессора водородной компрессорной станции с номинальной мощностью двигателя 400 кВт.

Качественная оценка факторов для данного примера сведена в табл. 8.

Согласно условию (4) $k_{i3} = k_{i4} = k_{i5} = 0.75$.

Согласно примечанию к табл. 4 – если оценка величины последствий *риска влияния на персонал* 3 и более, то ЭП относится к I категории независимо от оценок остальных рисков.

Качественная интегральная оценка рисков, определяемая по формулам (6), (1) и (2), составила

$$\text{КИО} = 0 \times (1 \times 0) + 3 \times (1 \times 1) + 3 \times (1 \times 1) + 3 \times (0.75 \times 1) + 3 \times (0.75 \times 4) + 2 \times (0.75 \times 4) + 2 \times (0.75 \times 3) = 27.75.$$

Согласно критериев, представленных в табл. 4, КИО ≥ 24 , что соответствует I категории надежности. Исходя из вышеизложенного, данный электроприемник должен быть отнесен к I категории.

2.4. Рекомендации по выбору экспертов

Нужно отметить важность вопроса выбора экспертов при применении данной методики. По сути, действующие отраслевые документы тоже опираются на экспертные оценки, но в большей степени это оценки специалистов в области промышленной электроэнергетики. Данная методика предполагает более широкий охват последствий нарушений электроснабжения электроприемников, поэтому наряду со специалистами энергетиками в состав экспертной комиссии должны входить технологи, специалисты по технике безопасности и управлению. Важным в современных условиях является вопрос влияния рыночных отношений на показатели категорирования, поэтому в состав экспертной комиссии должны входить экономисты, специалисты по оценке финансовых рисков. Методологическая сторона выбора экспертов достаточно широко отражена в специальной литературе и доведена до программного обеспечения [5, 10].

3. ВЫВОДЫ

Рассмотрен новый подход к определению категорий надежности электроснабжения промышленных электроприемников, основанный на анализе факторов риска и их последствий. Данный подход позволяет определить категорию отдельного электроприемника, используя качественную экспертную оценку рисков. Это позволяет предприятиям более обосновано расходовать средства на обеспечение надежности электроснабжения электроприемников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), издание седьмое (утверждено приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 8 июля 2002 г. № 204).
2. НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий (взамен СН-174-75). М.: ОАО “Тяжпромэлектропроект” им. Ф.Б. Якубовского.
3. СТО Газпром 2-6.2-149-2007 Категорийность электроприемников промышленных объектов ОАО “Газпром”.
4. ВНТП 3-85 Министерство нефтяной промышленности. Нормы технологического проектирования объектов сбора, транспорта, подготовки нефти, газа и воды нефтяных месторождений. М., 1985.
5. Рыжкин И.И. Страхование технических рисков. М.: Изд. “Альфа-Пресс”, 2010. 480 с.
6. Трахтенгерц Э.А., Степин Ю.П., Андреев А.Ф. Методы компьютерной поддержки принятия управленческих решений в нефтегазовой промышленности. М.: СИНТЕГ, 2005. 579 с.

7. Ершов М.С., Егоров А.В., Федоров В.А. Некоторые вопросы повышения устойчивости электроприводов многомашинного комплекса с непрерывным технологическим процессом при возмущениях в системе электроснабжения // Промышленная энергетика. 1992. № 7. С. 23–26.
8. Федотова Г., Воронай Н. Оптимизация надежности электроснабжения потребителей // e-journal "Reliability: Theory & Applications", 2007. № 2. С. 126–139.
9. Белоусенко И.В., Дильман М.Д., Попырин Л.С. Энергетическая безопасность единой системы газоснабжения России / Отв. ред. А.А. Макаров; Научный совет по комплексным проблемам энергетики РАН. М.: Наука, 2006. 310 с.
10. Billinton R., Allan R. Reliability Evaluation of Power Systems. N.Y.: Plenum Press, 1996. 534 p.
11. Rausand M., Hoyland A. System Reliability Theory. Models, Statistical Methods and Applications. 2nd Edition. Hoboken, N.J.: John Wiley and Sons, 2004. 636 p.

Methodology for Categorizing the Reliability of Electric Receivers Based on the Analysis of Risk Factors and Their Consequences

M. S. Ershov^a, A. N. Komkov^a, *, and I. A. Melik–Shakhnazarova^a

^a*National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow, Russia*

**e-mail: komkov.a@gubkin.ru*

The article proposes a method for assigning categories of electric receivers according to the requirements of reliability of their power supply. The concept of "category of electric receiver" is fundamental in relation to ensuring the reliability of power supply and has long been used in general industrial and industry guidance documentation. At the same time, the interpretation of long-established formulations in relation to the receiver to a particular category still remains ambiguous and allows for discrepancies, which is especially evident in industry documents. In order to formalize the process of assigning a receiver to a particular category, to make it more objective, a technique based on the methods of expert risk assessment that have been actively developed recently is proposed. The method allows, without moving to monetary terms, to qualitatively assess the risks and formalize the procedure for establishing the category of a particular electric receiver. Examples of expert qualitative risk assessment and selection of the electric drive category for oil and gas industry facilities are given.

Keywords: electric receiver, category of electric receivers, reliability of power supply, risks, methodology