

## ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

---

УДК 621.314

### **СТРАТЕГИЯ И ТАКТИКА РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ: ДИНАМИЧНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЭКСПОРТООРИЕНТИРОВАННОСТЬ**

**Н. В. Грунтович, Т. В. Алфёрова**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

*Представлены основные направления модернизации предприятий на основе использования современного регулируемого электропривода, тепловых насосов. Для ускорения модернизации предлагается строительство двух новых заводов: по производству вентильно-индукторных двигателей и по выпуску тепловых насосов промышленного и бытового применения.*

В экономике Республики Беларусь складывается непростая ситуация по целому ряду причин. Одна из них – большой износ основных производственных фондов промышленных предприятий, которые были построены в 60–70-х гг. прошлого столетия: ОАО «СветлогорскХимволокно» (1964 г.), ОАО «МогилевХимволокно» (1968–1970 гг.), ОАО «ГродноХимволокно» (1978 г.), ОАО «ГродноАзот» (1965 г.). Соответственно в этот период вводились в эксплуатацию энергетические мощности. Нормативный срок эксплуатации энергетического оборудования составляет: силовые трансформаторы – 25 лет, электрические двигатели – 30 лет; высоковольтные кабели – 50 лет.

Решение проблемы модернизации промышленных предприятий и обеспечения полной электрической загрузки энергоблоков Белорусской АЭС и действующих ТЭЦ возможно путем строительства двух современных заводов по выпуску высоколиквидной продукции: завода по выпуску вентильно-индукторных двигателей (ВИД) с микропроцессорным управлением и завода по выпуску бытовых тепловых насосов промышленного и бытового применения.

Завод по выпуску ВИД с микропроцессорным управлением по мощности в зависимости от нагрузки позволит заменить устаревший с низким КПД асинхронный электропривод на всех предприятиях республики. Этот электропривод имеет КПД 0,92–0,95 при высокой эксплуатационной надежности. Рынок этих двигателей в России, в Украине и в Средней Азии огромен. В Беларуси старые асинхронные двигатели подключают к электрической сети через частотный преобразователь, однако это ложное направление в энергосбережении и не всегда энергоэффективное. В табл. 1 приведены основные параметры ВИД, асинхронных электродвигателей и двигателей постоянного тока. На рис. 1 представлен ВИД в разборке и в собранном виде.

Таблица 1

Сравнение вентельно-индукторных двигателей, асинхронных двигателей и двигатели постоянного тока, выполненных в габарите 112 мм продуваемого исполнения (по данным МЭИ, г. Москва)

Параметры	Двигатели постоянного тока	Асинхронные двигатели	Вентельно-индукторные двигатели
Частота вращения $n$ , об/мин	1800	1800	1800
Класс изоляции	H	F	F
Длина, мм	140	146	130
Мощность $P$ , кВт	7	9	11,3
КПД, %	76	81	86

Отличительными особенностями ВИД являются: двойная зубчатость с разными полюсными делениями статора и ротора; катушечные обмотки без пересечения лобовых частей; ротор без обмоток; реактивный момент за счет изменения при вращении ротора магнитной проводимости участка «зубец статора – воздушный зазор – зубец ротора»; отсутствие магнитной связи между фазами; дискретность работы в режиме непрерывного вращения.



Рис. 1. Иллюстрация конструктивных особенностей вентельно-индукторных двигателей

Трудоемкость изготовления ВИД примерно на 70 % меньше трудоемкости изготовления коллекторного и на 30–40 % меньше трудоемкости изготовления асинхронных двигателей (по оценке ООО «КАСКАД-ЭЛЕКТРО», г. Санкт-Петербург). По мнению специалистов, в старый корпус асинхронного двигателя можно вставить новую магнитную систему. Это позволяет новый двигатель поставить на прежний фундамент.

Выполнен оценочный расчет загрузки одного энергоблока АЭС на основе принятой мощности условного двигателя и при его серийном выпуске на новом заводе. При суточном выпуске 900 ед. ВИД мощностью  $P_{\text{ном}} = 75$  кВт суточная загрузка одного энергоблока АЭС составит 45 %. При суточном выпуске 1500 ед. ВИД мощностью  $P_{\text{ном}} = 75$  кВт загрузка одного энергоблока может вырасти до 75 %.

В настоящее время в Российской Федерации две научные школы в Москве и Новочеркасске занимаются проектированием и штучным выпуском этих двигателей, но серийное производство отсутствует. В Беларуси функционирует современное предприятие, выпускающее электрические двигатели. Поэтому есть возможность перехватить инициативу у России по серийному выпуску этих надежных и экономичных электродвигателей с микропроцессорным управлением.

Для выпуска ВИД с микропроцессорной системой управления необходим ряд производств: по выпуску электротехнической стали; штамповки магнитной системы ротора и статора из электротехнической стали; изготовлению (сборке) ротора и статора из штамповок электротехнической стали; микроэлектронике; сборке и наладке микропроцессорных систем управления; литью корпусов двигателей; намотки катушки статорной обмотки; сборки. Заводу по производству микропроцессорной системы управления можно поручить разработку и изготовление импортозамещающего белорусского многоканального виброакустического измерительного комплекса, а также блока согласования датчиков с компьютеров стоимостью 4–5 тыс. бел. руб. Этим прибором можно выполнять вибродиагностирование во время работы электрических машин, трансформаторов, насосов, компрессоров, дизельных двигателей и сельскохозяйственной техники. Аналог такого прибора используется научной группой ГГТУ им. П. О. Сухого более 20 лет (рис. 2).

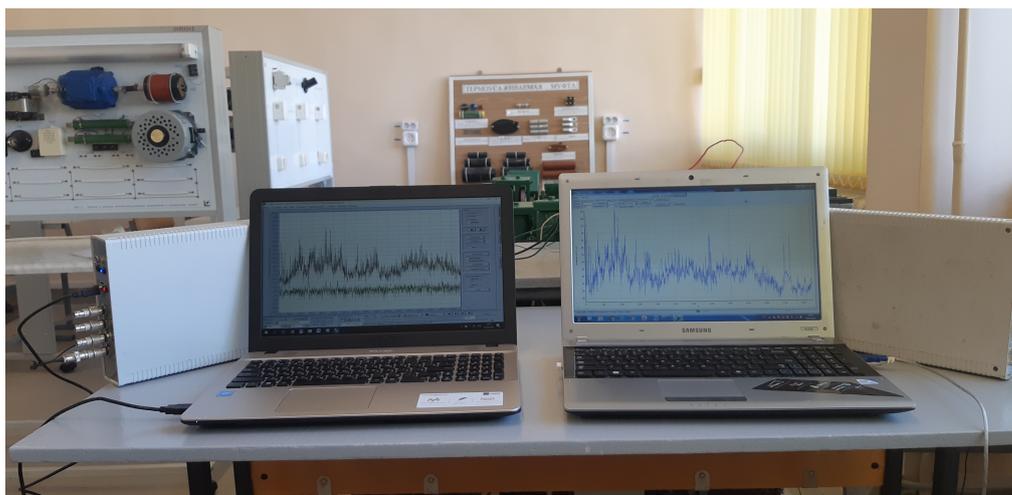


Рис. 2. Компьютерный многоканальный виброакустический измерительный комплекс (совместная разработка с канд. техн. наук, доц. В. И. Миклуловичем, БГУ, г. Минск)

Данное предприятие может стать серьезной альтернативой закупке 10 тыс. электромобилей, закупке 1636 электродвигателей мощностью 6 и 10 МВт, и перенаправить деньги на строительство первой очереди завода. Кроме того, необходимо запретить сдавать корпуса старых электродвигателей в металлолом, а хранить их в сухих помещениях. Видимо, всем предприятиям необходимо создавать инновационный фонд для закупки ВИД.

Ввод в эксплуатацию завода по выпуску ВИД с микропроцессорным управлением позволяет решить ряд социально-экономических проблем:

1. Создание тысячи новых рабочих мест с хорошей заработной платой у рабочих и инженеров.
2. Обеспечение частичной или полной загрузки одного энергоблока АЭС.

3. Замену на предприятиях республики устаревшего асинхронного электропривода на новый экономичный, надежный электропривод с микропроцессорным управлением, что позволит сократить суммарное потребление электрической энергии (ЭЭ) на 6–9 %.

4. Оснащение завода по производству тепловых насосов белорусским современным электроприводом в широком диапазоне мощностей.

5. Обеспечение поступления валюты от продажи ВИД за рубеж. В России огромный рынок предприятий, но там много частных заводов. Если провести аналогию с подшипниковыми заводами, то новые владельцы «добивают» подшипниковые заводы, очевидно в ожидании их национализации. При этом в течение последних 10 лет более 50 % подшипников низкого качества поступают в Беларусь из России.

Следует отметить, что ВИД с микропроцессорным управлением применяются на современных подводных лодках и на отдельных предприятиях Российской Федерации.

Вторым решением, позволяющим обеспечить загрузку энергоблоков АЭС и повысить энергетическую безопасность республики, может явиться строительство завода по выпуску тепловых насосов промышленного и бытового назначения. Для работы теплового насоса необходимы электрическая энергия и речная вода с температурой 6–12 °С.

Наибольшее распространение получили тепловые насосы парокомпрессионного типа (ПТН) с приводом от электродвигателя. Они отличаются компактностью, простотой, пожаробезопасностью, низким уровнем шума и повышенной надежностью. Для индивидуального теплоснабжения жилого дома с использованием электроэнергии тепловой насос парокомпрессионного типа является оптимальным источником теплоты [1].

Энергоносители, поставляющие тепловую энергию (ТЭ) с низкой температурой для осуществления теплонасосного цикла, называют источниками теплоты. Они отдают ТЭ путем теплопередачи, конвекции и излучения. Энергоносители, воспринимающие в теплонасосном цикле ТЭ повышенного потенциала, называют приемниками тепла. Они воспринимают ТЭ путем теплопередачи, конвекции и излучения. Энергоноситель, служащий источником теплоты, поступает в испаритель, где испаряется жидкий хладагент. В круговом цикле пары испарившегося хладагента всасываются компрессором и сжимаются до высокого давления. При сжатии их температура повышается, что создает возможность отдачи ТЭ теплоприемнику. Пары хладагента при повышенном давлении поступают в конденсатор, через который протекает энергоноситель, служащий приемником тепла. Его температура ниже температуры паров хладагента при повышенном давлении. При конденсации пара выделяется тепловая энергия, воспринимаемая теплообменником. Из конденсатора жидкий хладагент через регулирующий вентиль (дроссельный клапан) поступает обратно в испаритель, и круговой цикл замыкается. В регулирующем вентиле высокое давление, при котором находится хладагент на выходе из конденсатора, снижается до давления в испарителе. Одновременно снижается его температура.

Таким образом, с помощью теплового насоса возможна передача ТЭ от источника теплоты с низкой температурой к приемнику теплоты с высокой температурой при подводе извне механической энергии для привода компрессора (приводной энергии) [2]–[4].

Рассмотрим расчет коэффициента преобразования теплового насоса при отоплении системой теплого водяного пола. Парокомпрессионные и абсорбционные тепловые насосы для осуществления термодинамических циклов потребляют различ-

ные виды энергии: парокompрессионные тепловые насосы – механическую (электрическую), абсорбционные тепловые насосы – тепловую.

Энергетическая эффективность ПТН характеризуется коэффициентом преобразования энергии [5]:

$$\mu_{\text{ПТН}} = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{к}}},$$

где  $Q_{\text{п}}$  – произведенная теплота, кВт;  $Q_{\text{к}}$  – мощность в тепловом эквиваленте, затраченная на привод компрессора, кВт.

Действительный коэффициент преобразования реального цикла можно рассчитать по формуле [5]:

$$\mu_{\text{ПТН}} = \mu_{\text{ид}} \varphi,$$

где  $\mu_{\text{ид}}$  – коэффициент преобразования идеального цикла Карно;  $\varphi$  – коэффициент, учитывающий реальные процессы, осуществляемые рабочим телом в ПТН.

$$\mu_{\text{ид}} = \frac{T_{\text{к}}}{T_{\text{к}} - T_{\text{о}}},$$

где  $T_{\text{к}}$  и  $T_{\text{о}}$  – температура кипения и конденсации рабочего тела, °К.

$$T_{\text{к}} = 273 + (t_{\text{w}2} + (5 \div 10));$$

$$T_{\text{о}} = 273 + (t_{\text{s}2} - (2 \div 50)),$$

где  $t_{\text{w}2}$ ,  $t_{\text{s}2}$  – температуры горячего источника теплоты (нагреваемой воды) на выходе из конденсатора и холодного источника теплоты (наружного воздуха) на выходе из испарителя ПТН.

Для температуры  $-1$  °С:

$$T_{\text{к}} = 273 + 5 + 36 = 314 \text{ К.}$$

$$T_{\text{о}} = 273 - 1 - 5 = 267 \text{ К.}$$

$$\mu_{\text{ид}} = \frac{314}{314 - 267} = 6,68.$$

$$\mu_{\text{ид}} = 6,34 \cdot 0,65 = 4,44.$$

Практические значения  $\varphi$  составляют  $0,55 \div 0,70$ , при этом более низкие значения соответствуют более крупным агрегатам. Для мелких тепловых насосов принимаем  $\varphi = 0,65$ .

Температуру в подающем трубопроводе при различных температурах наружного воздуха принимаем согласно результатам расчета теплоотдачи теплого пола, представленного в табл. 2.

Результаты расчета потерь теплоты и средней температуры теплоносителя, а также зависимости коэффициента трансформации  $\mu$  ПТН от перепада температур между нагретой водой ( $t_{\text{w}2}$ ) и наружным воздухом ( $t_{\text{s}2}$ ) представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Зависимость коэффициента преобразования парокompрессионных тепловых насосов от перепада температур между нагретой водой ( $t_{w2}$ ) и охлажденной водой ( $t_{s2}$ ) (с рекуперацией)**

$t_{нар.в.}, ^\circ\text{C}$	$t_{м.тн.}, ^\circ\text{C}$	$T_0, ^\circ\text{K}$	$T_{кз}, ^\circ\text{K}$	$\mu_{ид}$	$\mu_{пгн}$
8	30,20	276	308	9,57	6,22
4	32,80	272	311	8,01	5,21
-1	36,00	267	314	6,68	4,34
-5	41,50	263	320	5,65	3,68
-10	41,50	258	320	5,20	3,38
-15	44,60	253	323	4,64	3,01
-20	47,60	248	326	4,20	2,73
-24	50,00	244	328	3,90	2,54

Как видно из табл. 2, при средней температуре за отопительный период  $-1^\circ\text{C}$  коэффициент преобразования воздушного теплового насоса составляет 4,34 для систем отопления «теплый пол». Учитывая, что  $1 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч} = 0,86 \text{ Гкал}$ , средний расход ЭЭ на выработку ТЭ воздушным тепловым насосом, работающим на систему отопления «теплый пол», составит:

$$1 / (4,34 \cdot 0,86) = 0,2679 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч/Гкал.}$$

Во всех странах, где избыток ЭЭ для горячего водоснабжения, используются тепловые насосы (табл. 3).

Таблица 3

**Количество покупок и установок тепловых насосов по Европейским странам в 1992, 2003 и 2004 гг.**

Страна	1992 г.	2003 г.	2004 г.	Прирост 2004 г. по сравнению с 2003 г., %
Австрия	800	3780	5129	36
Болгария	–	15	25	67
Чехия	20	1200	2400	100
Эстония	–	510	750	47
Финляндия	100	8540	12 648	48
Франция	4000	13 700	17 300	26
Германия	2000	15 838	20 636	30
Ирландия	–	1300	1800	38
Латвия	–	527	839	59
Голландия	–	1557	1800	16
Норвегия	1000	55 081	35 390	-36
Словения	–	25	35	40
Швеция	15 000	68 100	100 215	47
Швейцария	2700	8695	9796	13
<i>Всего</i>	24 100	178 341	207 924	17

Как следует из представленного расчета, чтобы получить в одном тепловом насосе 1 Гкал, нужно затратить 268 кВт · ч ЭЭ. В зависимости от тарифа на ЭЭ – это 64 или 73 бел. руб. В коммунальном хозяйстве 1 Гкал стоит 104,6 бел. руб. Если стоимость 1 Гкал от теплового насоса составит даже 104 бел. руб., то все равно целесообразно использование тепловых насосов для целей водо- и теплоснабжения. Это позволит загрузить второй энергоблок АЭС за счет подключения промышленных тепловых насосов и насосов ЖКХ. Так, в Гомельской области общее количество газовых котлов составляет 2047 ед., суммарная производительность которых – 3430 Гкал/ч. В ЖКХ имеется 441 котельная, количество котлов – 1362 ед. Суммарная часовая производительность тепловой энергии 1739 Гкал. Тогда можно принять суточное потребление электроэнергии в ЖКХ:

$$1739 \cdot 268 \cdot 24 = 11\,185\,248 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

При суточной выработке ЭЭ одним энергоблоком АЭС 28 800 000 кВт · ч, загрузка энергоблока насосным оборудованием составит 38,8 %. Если учесть, что Гомельская область в 2020 г. [6] потребляла 2415 млн м<sup>3</sup> газа, из которого потребление в ЖКХ 7–10 %, то это позволит дать только в разрезе Гомельской области сокращение потребления газа в объеме 242 млн м<sup>3</sup>.

Для производства тепловых насосов необходимо осуществить строительство завода по производству трехконтурного теплообменника.

Строительство завода тепловых насосов и последующее их использование позволит:

- значительно сократить закупки газа в России, что повысит энергетическую безопасность Республики Беларусь;
- создать тысячи рабочих мест;
- улучшить экологическую обстановку;
- обеспечить поступление валюты в республику за счет продажи тепловых насосов, так как в России многие районы не газифицированы;
- снизить себестоимость ТЭ и ЭЭ, что позволит таким категориям населения, как инвалиды и пенсионеры уменьшить плату за эти виды энергии.

**Проблема в энергетическом комплексе страны и ее решение.** Одной из наиболее актуальных проблем в топливно-энергетическом комплексе является износ основных производственных фондов. Протяженность кабельных линий в республике составляет 42 000 км. Проведенные измерения в областных энергосистемах показали, что все кабельные линии заряжены частичными разрядами. Количество трансформаторных подстанций в стране: 330 кВ – 35 ед., 110 кВ – 734 ед., 220 кВ – 10 ед., 35 кВ – 578 ед. Учитывая длительный срок эксплуатации трансформаторов, высокая вероятность их повреждения электрической дугой. Исследования авторами технического состояния силовых маслонаполненных трансформаторов показали, что вероятность отказа силовых трансформаторов на сегодняшний день составляет 0,5–0,6. В определенных условиях это может привести к поступлению ЭЭ к потребителям с перебоями (рис. 3).



Рис. 3. Повреждения высоковольтных вводов и силовых трансформаторов

В Республике Беларусь теорией и практикой технической диагностики силовых трансформаторов занимается научная группа ГГТУ им. П. О. Сухого. Практическим диагностированием силовых маслонаполненных трансформаторов занимаются специалисты ООО «Белэнергоремналадка». В Украине создан научный центр ЗТЗ «Сервис» на базе Запорожского трансформаторного завода [7]. Несколько научных центров имеется в России. В Федеральном Уральском техническом университете работает научная группа под руководством д-ра техн. наук, проф. И. В. Давиденко. Основное научное направление – это разработка теории и практики диагностирования трансформаторов по результатам анализа горючих газов и физико-химическим испытаниям трансформаторного масла [8]. Авторами публикации [9] называются основные причины повреждения трансформаторных обмоток: повреждение обмоток при взрыве высоковольтных выводов. Такие повреждения были неоднократно в бе-

лорусской энергосистеме: внутренние замыкания обмоток под действием частичных и грозových разрядов; интенсивное образование частичных в местах деформации обмоток при недостаточной электродинамической стойкости после короткого замыкания. Как было изложено выше, это в основном трансформаторы, изготовленные в конце 60-х и начале 70-х гг. прошлого столетия. На сегодняшний день определены десять основных неисправностей трансформаторов [10], [11]. На первом месте из десяти причин авторы рассматривают повышенный нагрев элементов активной части и нарушение изоляции стальных шпилек. На десятом месте по опасности повреждения трансформаторов авторы рассматривают частичные разряды. Авторы работ [10], [11] предлагают также ранжировать методы контроля по диагностической ценности и перечисляют 11 методов диагностирования. На первом месте – хроматографический анализ газов, растворенных в масле, а частичные разряды оказались на восьмом месте. Авторы публикаций согласны, что ни один из известных методов не может обеспечивать высокую достоверность при техническом диагностировании трансформаторов. Проведенные исследования трансформаторов показали, что по степени опасности необходимо ставить частичные разряды на первое место [12]. Выполненный анализ научной литературы показывает, что основными дефектами в трансформаторах являются [12], [13]: частичные разряды, повышенная вибрация, повышение влагосодержания, локальные перегревы. В белорусской энергосистеме вероятность локальных перегревов составляет 0,29. Влагосодержание бумажно-масляной изоляции имеет свои особенности: при повышении температуры в трансформаторе влага уходит в масло из бумажной изоляции, а при снижении температуры влага уходит в бумажную изоляцию. Возможно, по этой причине короткие замыкания в обмотках происходят в осенне-зимний период. Повышение вибрации бака трансформатора обусловлено магнитострикционной вибрацией, появляющейся до 700 Гц, ослаблением прессовки обмоток и магнитопровода (потери динамической стойкости), проявляющейся в диапазоне до 5000 Гц [14]. Учитывая, что достоверность хроматографического контроля горючих газов в трансформаторном масле только по одному показателю составляет 70–80 % [13], целесообразно проводить комплексное диагностирование во время работы трансформатора. Диагностирование силовых маслонаполненных трансформаторов на различных предприятиях в Беларуси позволило определить, что для выявления дефектов во время работы трансформаторов на ранней стадии с высокой достоверностью необходимо системное решение вопросов: хроматографический контроль горючих газов; физико-химическое испытание трансформаторного масла; регистрация частичных разрядов; измерение вибрации бака; термографическое обследование трансформатора. Первые работы по применению индикаторов частичных разрядов опубликованы [15]–[18]. Однако низкая помехоустойчивость приборов, неоднозначность полученных данных, слабые знания физики частичных разрядов отодвинули на несколько десятилетий активное использование этого метода на практике. В настоящее время не выявлены в полном объеме факторы, вызывающие частичные разряды. Неясна роль частичных разрядов в формировании электрической дуги внутри трансформатора. Большое число публикаций по частичным разрядам привело к тому, что целый ряд фирм начали создавать стационарные системы контроля частичных разрядов для диагностирования трансформаторов.

Несовершенство теории вибродиагностирования бака трансформатора, невысокая достоверность выявления дефектов по хроматографическому анализу горючих газов в масле, низкие знания по физике частичных разрядов в трансформаторе, неэффективное термографическое обследование бака и высоковольтных вводов транс-

форматоров не могут обеспечить высокую достоверность оценки технического состояния силовых трансформаторов.

#### Л и т е р а т у р а

1. Рей, Д. Тепловые насосы / Д. Рей, Д. Макмайкл. – М. : Энергоиздат, 1986. – 224 с.
2. Шешунова, Е. В. Охлаждение молока и нагрев воды с помощью теплового насоса / Е. В. Шешунова, С. А. Краснов, И. В. Кряклина // Ярослав. регион. от-ние Междунар. акад. информатизации. – Ярославль : МАИ, 2010. – 9 с. : ил.
3. Обзор рынка тепловых насосов в Швеции, Финляндии // АВОК. – 2002. – № 1. – С. 87.
4. Горшков, В. Г. Тепловые насосы. Аналитический обзор / В. Г. Горшков // Справочник промышленного оборудования. – 2004. – № 2. – С. 6–10.
5. Жидович, И. С. Системный подход к оценке эффективности тепловых насосов / И. С. Жидович, В. И. Трутаев // Новости теплоснабжения. – 2001. – № 11. – С. 22–28.
6. Энергетический баланс Республики Беларусь : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2021. – Режим доступа: [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/energeticheskaaya-statistika/statisticheskie-izdaniya/index\\_39985/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/energeticheskaaya-statistika/statisticheskie-izdaniya/index_39985/). – Дата доступа: 08.10.2021.
7. Лоханин, А. К. Обеспечение работоспособности маслонаполненного высоковольтного оборудования после рабочего срока службы / А. К. Лоханин, В. В. Соколов // Электро. – 2002. – № 1. – С. 10–15.
8. Система компьютерной диагностики маслонаполненного оборудования в рамках энергосистемы / И. В. Давиденко [и др.] // Энергетик. – 2000. – № 11. – С. 52–56.
9. Хлебников, А. В. Основные причины повреждения обмоток силовых трансформаторов при коротких замыканиях / А. Ю. Хлебников // Электричество. – 2006 – № 7. – С. 17–24.
10. О повреждении силовых трансформаторов напряжением 110–500 кВ в эксплуатации / Б. В. Ванин [и др.] // Электростанции. – 2001. – № 9. – С. 53–58.
11. Основные неисправности и методы диагностирования трансформаторов в условиях эксплуатации / И. Г. Гун [и др.] // Вестн. МГГУ им Г. И. Носова. – 2012. – № 7. – С. 102–105.
12. Грунтович, Н. В. Исследование причин ЧР в силовых маслонаполненных трансформаторах / Н. В. Грунтович, Е. Л. Жук // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2020. – № 7. – С. 60–67.
13. Алексеев, Б. А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов / Б. А. Алексеев. – М. : Изд-во НЦ ЭНЛС, 2002. – С. 216.
14. Vibration diagnostics of power equipment before commissioning. Mikolay Hruntovich, Deniz Moroz, Alexey Panfilov, Yegor Zhuk, and Ekaterina Mikhailova. E3S Web of Conferences 178, 01031 (2020) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017801031> HSTED-2020.
15. Сви, П. М. Измерение частичных разрядов в изоляции оборудования высокого напряжения энергосистем / П. М. Сви. – М. : Энергия, 1988. – 200 с.
16. Kapanski, A., Hruntovich, N., Bakhur, S., Markaryants, L., & Dolomanyak, L. (2020). Optimize the cost of paying for electricity in the water supply system by using accumulating tanks. In E3S Web of Conferences (Vol. 178, p. 01065). EDP Sciences.
17. Капанский, А. А. Методы решения задач оценки и прогнозирования энергетической эффективности / А. А. Капанский // Вестн. Казан. гос. энергет. ун-та. – 2019. – Т. 11, № 2. – С. 109–115.
18. Исследование методов математического моделирования для решения практических задач оценки энергоэффективности / Н. В. Грунтович [и др.] // Энергия и менеджмент. – 2017. – № 3. – С. 21–25.

УДК 332.12

## ТЕХНОПАРКИ КАК ФАКТОР ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ

А. М. Носонов

*Национальный исследовательский Мордовский государственный  
университет имени Н. П. Огарёва, г. Саранск, Российская Федерация*

*Рассмотрен важный компонент производственно-технологический инновационной инфраструктуры – технопарки. Выявлена динамика создания российских технопарков, их функции, специализация и эффективность функционирования. Сделан вывод о влиянии увеличения количества технопарковых структур на уровень социально-экономического и инновационного развития регионов России.*