

## Электроёмкость промышленности: глобальные тенденции<sup>①</sup>

Мазурова О. В., канд. техн. наук

Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН, Иркутск



Представлен анализ основных мировых тенденций изменения электроёмкости промышленности в конце XX — начале XXI в. и на долгосрочную перспективу. Приведены результаты количественных проявлений этих тенденций, изменяющихся под влиянием экономических, структурных и технологических преобразований, выделены особенности их проявления в России.

**Ключевые слова:** долгосрочный прогноз, электроёмкость промышленности, тенденции энергопотребления, глобальные тенденции, прогноз развития энергетики, неопределенность прогнозов ТЭК, прогнозные исследования ТЭК, спрос на электроэнергию.

Мазурова О. В.

Прогнозирование потребности в электроэнергии является важной составной частью прогноза развития электроэнергетики. Оно позволяет обозначить ее проблемные и узкие места в отдаленной перспективе. Очевидно, что с отдалением перспективы прогнозирования растет и неопределенность прогнозов. Сузить область неопределенности для России помогает изучение объективно существующих закономерностей и тенденций электропотребления в странах, опережающих ее по уровню экономического развития.

Спрос на электроэнергию, отражающий эффективность инновационного развития экономики страны, формируется под влиянием сложных взаимосвязей между условиями и темпами развития экономики и ТЭК, объективно существующих тенденций и различных факторов. Исследование факторов и взаимосвязей, определяющих уровни электроёмкости в разных странах, способствует пониманию происходящих процессов и изменяющихся тенденций. При этом важно учитывать климатические, географические, социально-экономические и другие особенности стран.

Ниже приведены результаты анализа некоторых глобальных тенденций электропотребления в промышленности. При этом использовались новые статистические данные, полученные в разных странах, и последние долгосрочные прогнозы, выполненные в Министерстве Энергетики США (U.S. Department of Energy, DOE) [1, 2].

На промышленность, являющуюся крупнейшим в мире потребителем электроэнергии, приходится приблизительно 45 % конечного электропотребления. В течение последних десятилетий в ней наблюдается устойчивая мировая тенденция опережающего роста потребления

электроэнергии как самого прогрессивного и экологичного энергоносителя. При этом темпы увеличения электропотребления отстают от темпов роста экономики. По последним энергетическим прогнозам [1, 2], в перспективе ожидается их стабилизация или снижение, как, например, в США (см. табл. 1<sup>②</sup>).

В результате повышенного спроса на электроэнергию увеличивается ее доля в структуре потребления топливно-энергетических ресурсов промышленностью практически во всех странах, что обусловлено использованием новых электроэффективных технологий и структурными изменениями в ее отраслях (см. табл. 2). Например, при применении электродуговых печей для производства стали за счет плавки металлолома увеличивается расход электроэнергии в металлургии.

Для отраслевой структуры электропотребления промышленности ведущих стран мира характерна тенденция сокращения доли электроёмких производств, включая предприятия черной и цветной металлургии, тяжелого машиностроения и отраслей ТЭК (в том числе вынесение<sup>③</sup> их в развивающиеся страны), а также повышения доли менее электроёмких отраслей (электронного машиностроения, приборостроения, легкой, пищевой промышленности и др.). Современная структура электропотребления промышленного производства такова: в Японии, США и Германии преобладают высокотехнологичные отрасли, в частности, машиностроение и химическая промышленность (в 2011 г. их доля составляла примерно 39 – 44 %), а в Канаде, Финляндии и России доминируют такие электроёмкие отрасли, как черная и цветная металлур-

<sup>②</sup> Таблица составлена согласно [1 – 4].

<sup>③</sup> Например, в США и Германии вынесено 30 % мощностей по выплавке стали, в Японии — 20 % в цветной металлургии.

<sup>①</sup> Работа выполнена по гранту РФФИ (№ 13-06-00303-а).

Таблица 1

Мир, регион, страна	Среднегодовые темпы прироста электропотребления в производственной сфере, %					
	Отчетные			Прогнозные*		
	1980 – 1990 гг.	1990 – 2000 гг.	2000 – 2010 гг.	2010 – 2020 гг.	2020 – 2030 гг.	2030 – 2040 гг.
Мир в целом	1,6	2,1	0,8	3,0	1,7	0,7
Западная Европа**	1,6	1,3	0,9	– 0,2	0,5	0,2
США	1,4	2,8	– 1,3	1,9	0,0	– 0,3
Канада	2,2	1,9	– 0,6	1,6	1,3	1,2

\* Для зарубежных стран представлен базовый сценарий, подготовленный DOE.

\*\* Европейские страны, входящие в Организацию стран экономического развития.

Таблица 2

Регион, страна	Доля электроэнергии в структуре энергопотребления промышленности, %		
	1980 г.	1990 г.	2011 г.
Западная Европа	21,0	27,0	33,9
Финляндия	32,7	31,1	32,0
США	16,5	26,2	26,9
Канада	23,4	30,6	31,3
Япония	31,0	28,4	28,3

Таблица 3

Отрасль промышленности, производство	Потребление электроэнергии в отраслях промышленности индустриально развитых стран (без ТЭК) в 2011 г., %					
	США	Канада	Япония	Германия	Финляндия	Россия
Черная металлургия	8,7	4,3	24,1	12,2	8,4	16,9
Цветная металлургия	8,9	26,4	5,9	5,8	5,1	28,0
Химическое производство	27,5	9,7	17,6	22,8	11,9	13,6
Целлюлозно-бумажная	13,3	18,7	10,5	10,4	50,6	6,6
Машиностроение	12,5	–	26,1	15,6	6,9	6,7
Прочие	29,1	40,9	15,8	33,2	17,1	28,2

гия, целлюлозно-бумажная промышленность (табл. 3<sup>®</sup>).

Общей тенденцией для всех стран является снижение электропотребления промышленности на единицу ВВП в результате структурных изменений, совершенствования

технологических процессов, замены менее эффективного оборудования, изменения цен и других факторов (см. рис. 1, на котором приведены кривые, полученные согласно [1, 3, 5]). В 2011 – 2040 гг. ожидаемое снижение электроемкости промышленного производства в США (в базовом сценарии) может составить к концу периода 24 % [2, 4]. При

<sup>®</sup> Таблица составлена по [3].



Рис. 1. Изменение электроёмкости промышленности на единицу ВВП (базовый сценарий)

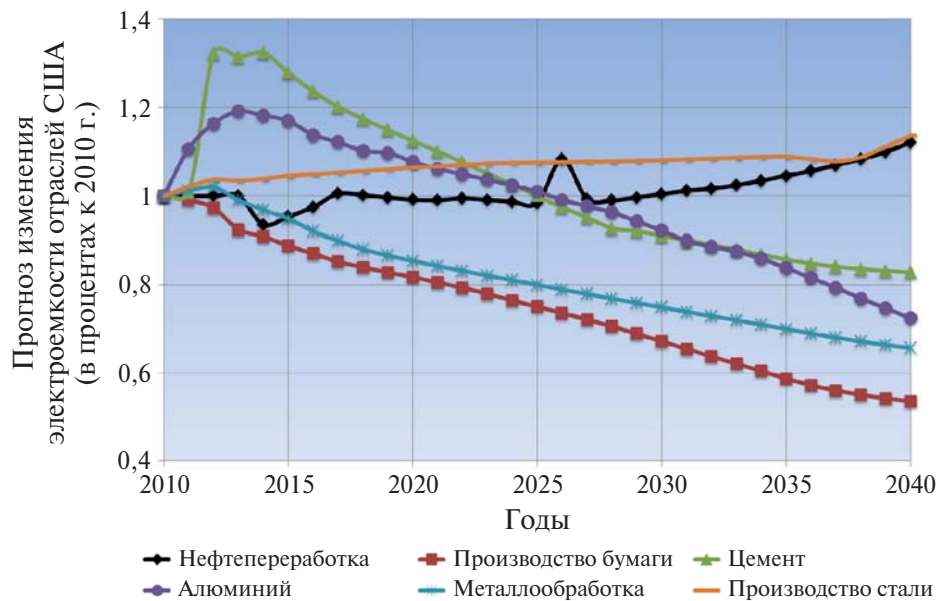


Рис. 2. Прогнозное изменение электроёмкости отдельных отраслей промышленности США за период с 2011 по 2040 г., % (базовый сценарий)

этом изменение электроёмкости отдельных отраслей будет разнонаправленным. В металлургии предполагается увеличение удельного веса вторичных металлов в общей выплавке (рециклинг), что позволит сэкономить до 90 – 95 % первичной энергии, но приведет к повышению электроёмкости сталелитейной и алюминиевой промышленности. На производство “тяжелой” нефти также потребуются дополнительный расход электроэнергии, а это вызовет повышение отраслевой электроёмкости за рассматриваемый период на 12 % [6]. Прогнозируемое изменение электроёмкости отдельных отраслей промышленности США (для базового сценария) показано на

рис. 2, где приведены кривые, полученные согласно [2, 4] и расчетам автора.

Показателем экономического развития страны является душевое потребление электроэнергии. При сопоставлении электропотребления в промышленности на одного жителя в разных странах необходимо учитывать не только уровень экономического развития, но и такие факторы, как, например, структура промышленного производства, климатические условия, размер территории. Зависимости душевого электропотребления в промышленности от душевого ВВП показаны на рис. 3 (кривые получены согласно [1, 2, 4, 5] и расчетам автора). Как видно, по мере роста душевого ВВП в Канаде, Финляндии и США

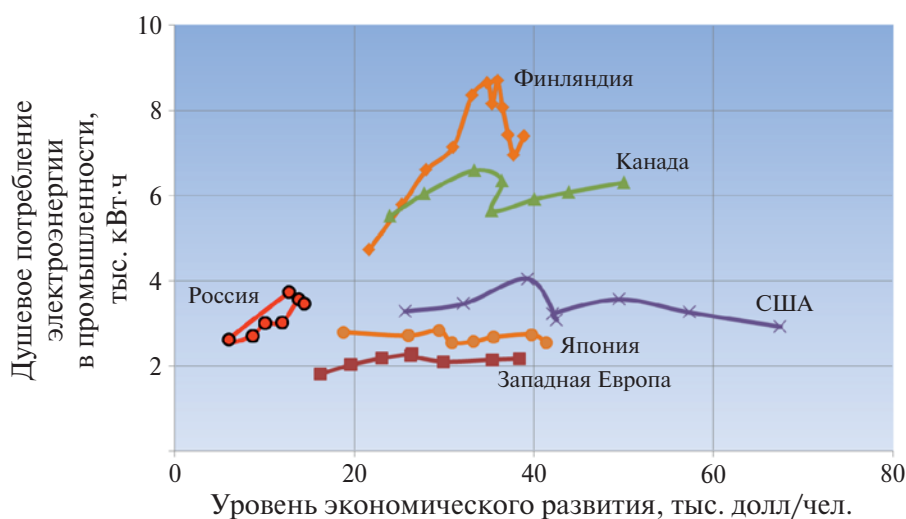


Рис. 3. Зависимости душевого потребления электроэнергии в промышленности от уровня экономического развития (базовый сценарий) в периоды: для России — с 1990 по 2011 г., для Финляндии — с 1980 по 2011 г., для остальных стран — с 1980 по 2040 г.

Таблица 4

Отрасль промышленности, производство	Прогнозная электроемкость технологий в 2035 г. (в процентах от существовавшей в 2006 г.)		Среднегодовой темп снижения электроемкости, % (2006 – 2035 гг.)	
	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 1	Сценарий 2
Металлообработка	33	27	– 1,9	– 2,5
Тяжелое машиностроение	33	27	– 1,9	– 2,5
Электроника и компьютеры	49	44	– 1,0	– 1,3
Электрооборудование	49	44	– 1,0	– 1,3
Производство:				
химическое	72	81	– 0,5	– 0,2
пластмасс	46	42	– 1,0	– 1,2
целлюлозы	94	87	0,0	– 0,2
бумаги	66	92	– 0,9	0,1

Примечание. Сценарий 1 — базовый, сценарий 2 — с максимальным использованием высоких технологий (не зависящим от экономической целесообразности).

потребление электроэнергии на одного жителя возрастает, а в Японии и странах Западной Европы — стабилизируется. Однако в перспективе при достижении определенного экономического уровня (примерно 37 – 40 долл./чел.) прогнозируется прекращение роста или даже (как в США) снижение душевого расхода электроэнергии. При прочих равных условиях душевое электропотребление выше в странах с электроемкой структурой производства и более низкими среднегодовыми температурами (таких, как Канада и Финляндия).

Россия отстает от других стран со схожей структурой производства с точки зрения электровооруженности труда (например, в обрабатывающей промышленности — в 2 – 3 раза) [7]. Это объясняется прежде всего незавершенностью процессов электрификации, особенно в химическом комплексе, машиностроении, производстве стройматериалов и др., а также низкой долей переработки вторичного сырья в производстве алюминия, черных металлов, бумаги, стекла.

По душевому электропотреблению в промышленности Россия достигла уровня стран Западной Европы, однако по темпам роста ВВП на одного жителя она значительно отстает от них. В свою очередь западноевропейские государства (за исключением скандинавских) потребляют существенно меньше электроэнергии на одного жителя, чем США и Канада. Можно предположить, что в перспективе вследствие экономического роста в России потребуются дальнейшее расширение использования электроэнергии во многих производственных процессах. Прирост производства будет осуществляться на новых мощностях с более высокой энергоэффективностью. В связи с этим существует реальная возможность сократить отставание от развитых стран в использовании электроэнергии при производстве наиболее электроемких видов продукции и в промышленности в целом.

Приведенные в табл. 4 оценки коэффициентов изменения электроемкости новых технологий в США на 2035 г. [6] свидетельствуют о перспективах их снижения.

#### Выводы

1. Расширение возможностей использования электроэнергии в промышленности обуславливает увеличение ее душевого по-

требления и повышение доли в структуре используемых ТЭР.

2. Электроемкость промышленного производства в России, по-видимому, и в перспективе будет выше, чем в европейских странах из-за отличий в структуре промышленных отраслей и более суровых климатических условий.

#### Список литературы

1. **International Energy Outlook 2013**/U.S. Energy Information Administration ([www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2013\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2013).pdf)).
2. **Annual Energy Outlook 2013 with Projections to 2040** / U.S. Energy Information Administration ([www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383\(2013\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383(2013).pdf)).
3. **Electricity Information** / International Energy Agency OECD/IEA, Paris, 2013.
4. **International Energy Statistics**/U.S. Energy Information Administration ([www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm](http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm)).
5. **Топливо-энергетический комплекс Финляндии: состояние и перспективы сотрудничества с Россией** ([www.rosenergo.gov.ru/upload/0007.pdf](http://www.rosenergo.gov.ru/upload/0007.pdf)).
6. **The National Energy Modeling System/Industrial Demand Module** Washington/U.S. Energy Information Administration ([www.eia.gov/forecasts/aeo/assumptions/pdf/industrial.pdf](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/assumptions/pdf/industrial.pdf)).
7. **Антонов Н., Лукина Е.** Методические подходы к прогнозированию электропотребления. — Энергорынок, 2013, № 9.

**ol.mazurova@yandex.ru**