

Проблемы оценки энергоэффективности корпораций и технологий

**Статья раскрывает некоторые вопросы количественного определения энергоэффективности и указывает на ограниченность использования этого понятия применительно к сравнительной оценке корпораций и отдельных технологий. Показано также, что повышение энергоэффективности целесообразно лишь до некоторого предела, поскольку затраты энергии являются лишь одним из многих параметров в производственной задаче.**

### Понятие энергоэффективности

Эффективность, согласно словарному определению, — это результативность, то есть отношение получаемого результата на единицу затрачиваемого ресурса (труда, материалов, энергии). Если речь идет об энергоэффективности  $\eta$ , то в качестве ресурса выступают энергозатраты. В общем случае под энергией можно понимать не только физические виды энергии — электроэнергию, тепловую энергию, химическую энергию топлива, но и такие виды энергии, как творческая энергия человека, структурная энергия организации. Для того чтобы максимально упростить постановку проблемы оценки энергоэффективности, в рамках данной статьи под энергией будем понимать только физические ее виды:

$$\eta = \frac{\text{Эффект}}{\text{Затраты энергии}}$$

Полезный эффект может быть увеличен путем улучшений как в технической, так и в организационной сфере, поэтому повышение энергоэффективности объединяет в себе не только комплекс мер по увели-

чению КПД производственных процессов, но и мероприятия в области оптимизации взаимодействия звеньев внутри производственной цепочки, улучшения бизнес-процессов, повышения эффективности менеджмента. Любое преобразование, влекущее за собой уменьшение удельного расхода энергоресурсов на единицу полезного продукта компании (физический объем производства, объем реализации, прибыль, капитализация, количество рабочих мест и т.д.), следует оценивать как повышение энергоэффективности, даже если суть преобразования не касается непосредственно энергетических технологий.

Одним из наиболее простых примеров повышения энергоэффективности является энергосбережение, то есть снижение количества затрачиваемой энергии при сохранении объема и качества выполняемой работы или производимой продукции. Однако потенциал повышения энергоэффективности не исчерпывается одним лишь энергосбережением. Например, внедрение новой, более энергоемкой технологии может привести к качественному изменению свойств продукции, что увеличит ее стоимость, а следовательно, и выручку компании. В итоге энергоэффективность предприятия может вырасти, хотя с точки зрения энергосбережения сделан шаг назад.

Энергоэффективность компании можно рассматривать на трех уровнях — оборудования, технологии и компании в целом.

На уровне оборудования повышение энергоэффективности обеспечивается увеличением КПД оборудования и сниже-

нием уровня потерь. Например, в газотурбинном приводе повышение КПД достигается благодаря повышению параметров термодинамического цикла, оптимизации тепловых и газовых потоков, рекуперации тепла отработанных газов и т.д. При этом принцип работы турбины сохраняется неизменным, тип и качество потребляемого энергоресурса и производимой работы тоже сохраняются.

На уровне технологий повышение энергоэффективности происходит за счет изменения принципа работы технологической установки. При этом может изменяться и тип затрачиваемых энергоресурсов, и качество производимой продукции или выполняемой работы. Например, замена газотурбинных перекачивающих агрегатов на электроприводные не только позволяет высвободить дополнительный объем газа для реализации потребителям, но и повышает надежность функционирования ГПА, сокращает длительность простоев при плановых ремонтах, резко снижает локальное воздействие ГПА на окружающую среду.

На уровне компании, помимо включенных более низких уровней, повышение энергоэффективности может достигаться за счет изменения продуктовой стратегии, сокращения или наращивания длины охваченной технологической цепочки. Комбинируя задействованные технологии, изменяя спектр потребляемых энергоресурсов, номенклатуру производимых продуктов, а также географию производства и сбыта, компания может повысить интегральные показатели своей деятельности, такие как прибыль, капитализация и т.д. При этом происходит изменение удельного расхода энергии на единицу прибыли, капитализации, прочих показателей.

### **Проблемы количественной оценки**

При оценке энергоэффективности встает вопрос о единице измерения затрачиваемой энергии и производимой продукции. Традиционное использование какого-либо эквивалента (нефтяной эквивалент, условное топливо) или простое выражение энергии в джоулях или калориях не сохраняет информацию о качестве используемой энергии. С точки зрения использования в производстве один джоуль электроэнергии позволяет совершить больше работы, чем один джоуль энергии сгорания ископаемого топлива. Эффек-

тивность промышленного использования природного газа и равного ему энергетического эквивалента торфа также различаются весьма существенно. Не случайно многие мировые компании помимо оценки затрачиваемых энергоресурсов в единицах измерения энергии приводят также оценку стоимости энергии, то есть общих затрат компании на все потребляемые энергоресурсы.

Помимо стоимостной оценки имеют значение и экологическая чистота используемых энергоресурсов. Большинство компаний, являющихся крупными потребителями энергии, в своих отчетах подробно освещают свое участие в проектах создания возобновляемых источников энергии, снижения воздействия на окружающую среду традиционных источников энергии. Активное участие в подобных проектах является чисто убыточным с точки зрения денежных потоков, однако ожидаемый имиджевый выигрыш, рост goodwill, судя по всему, оценивается компаниями более высоко.

Таким образом, компании в процессе модернизации не только оценивают любое изменение с точки зрения энергетической эффективности, но и учитывают экономические и экологические вопросы. Конечной целью является повышение конкурентных позиций компании на мировом рынке, и движение к этой цели может в отдельные моменты времени сопровождаться ухудшением энергетических, экономических или экологических показателей.

В последнее время повышение энергоэффективности все чаще упоминается как одно из необходимых условий модернизации российской экономики. Считается, что энергоэффективность российских промышленных предприятий и сферы ЖКХ является непоправимо низкой, и в подтверждение этого тезиса периодически приводятся те или иные оценки энергоэффективности, причем порой они в разы отличаются друг от друга. Причина этих отличий заключается в различных методиках оценки энергоэффективности, поскольку нет единого подхода к оценке энергозатрат и к оценке полезного результата, возникающего за счет этих энергозатрат.

### **Энергоэффективность корпораций**

Рассмотрим задачу на уровне корпораций. Даже понимая под энергозатратами исключительно расход физической



энергии — топлива, электроэнергии, тепла, пара и т.д., компании по-разному подходят к выполнению этой оценки. Надо ли нефтегазовым компаниям учитывать среди прочих энергозатрат сжигаемый в факелах газ? Должны ли сельскохозяйственные предприятия учитывать в энергозатратах количество солнечной энергии, полученной угольями в течение сезона? Например, в США урожайность пшеницы примерно в 1,5 раза выше, чем в России, однако какая доля этой разницы обусловлена различной инсоляцией? Подобных вопросов в каждом конкретном случае возникает немало, и, как показывают отчетные материалы компаний, единого ответа на эти вопросы не существует. Между тем речь идет о количестве энергии, сопоставимой с прямыми затратами топлива и электроэнергии. В условиях отсутствия единой политики учета энергозатрат прямое сравнение рассчитанной по этим энергозатратам энергоэффективности различных компаний теряет смысл.

Не меньше проблем возникает и при оценке результата. Что считать результатом, например, для металлургической компании: тоннаж продукции, выручку, прибыль? Тоннаж использовать некорректно, поскольку металлопродукция может быть разной по сортаменту и по качеству. Производство двух одинаковых по составу и форме металлических изделий потребует разного количества энергии при разных технологиях обработки и контроля качества. Полученные изделия будут отличаться

своими потребительскими свойствами, и поэтому тоннаж некорректно использовать в качестве основы для расчета энергоэффективности.

Выручка компании определяется значительным количеством факторов, не имеющих никакого отношения к производственным процессам. Конъюнктура цен, заключенные долгосрочные контракты, рыночная стратегия и т.д. — все это значительно влияет на выручку, но не имеет жесткой причинно-следственной связи с объемом потребляемой энергии. Еще более призрачной представляется связь между потребляемой энергией и чистой прибылью компании.

Иными словами, хотя формально численное определение энергоэффективности той или иной компании является несложной задачей, смысловая ценность полученной оценки чаще весьма сомнительна. Мы можем сравнить энергоэффективность двух компаний, однако это сравнение не позволит нам сделать вывод — какая из них проводит более верную и успешную политику в области использования энергии.

Для иллюстрации приведенных выше соображений рассмотрим показатели деятельности некоторых ведущих нефтегазовых компаний (табл. 1).

Энергоэффективность, при расчете которой за результат деятельности принимается выручка, прибыль или энергетический эквивалент реализованной продукции, не позволяет однозначно определить лидера среди компаний. Для более

**Таблица 1**  
**Показатели энергоэффективности нефтегазовых компаний, определенные через различные результаты деятельности**

Компания	Энергоэффективность по обороту, млрд долл./млн т у.т.	Энергоэффективность по чистой прибыли, млрд долл./млн т у.т.	Энергоэффективность по энергетическому эквиваленту продукции, т у.т./т у.т.
BG Group	4,39	0,93	12,2
BP	7,21	0,50	16,5
Chevron	4,80	0,32	11,1
ConocoPhillips	4,69	0,17	9,3
Eni	4,62	0,24	9,1
ExxonMobil	6,01	0,38	11,3
Petrobras	6,39	0,85	15,4
Repsol YPF	6,33	0,21	6,3
Shell	9,54	0,44	18,5
Statoil	10,21	0,40	34,6
Total	7,74	0,58	12,4
«Газпром»	1,71	0,52	11,9

Таблица 2

Рейтинги энергоэффективности нефтегазовых компаний по разным показателям

Компания	Энергоэффективность по обороту	Энергоэффективность по чистой прибыли	Энергоэффективность по энергетическому эквиваленту продукции
BG Group	11	1	6
BP	4	5	3
Chevron	8	9	9
ConocoPhillips	9	12	10
Eni	10	10	11
ExxonMobil	7	8	8
Petrobras	5	2	4
Repsol YPF	6	11	12
Shell	2	6	2
Statoil	1	7	1
Total	3	3	5
«Газпром»	12	4	7

наглядной иллюстрации присвоим компаниям место в своеобразном рейтинге по каждому из показателей энергоэффективности (табл. 2).

Подобный рейтинг показывает, что лишь компании Chevron, Eni и ExxonMobil по всем трем показателям занимают близкие места, тогда как для большинства компаний характерным является значительное отличие рейтинговых оценок, определенных по разным показателям энергоэффективности. Как по подобным противоречивым данным сравнить энергоэффективность Shell и Total, как сравнить «Газпром» и ExxonMobil?

Общим и в некотором роде универсальным показателем деятельности компании является рыночная капитализация. Считается, что котировки акций, определяющиеся совокупными действиями участников рынка, наиболее адекватно отражают текущее состояние и перспективы развития компании, поскольку среди участников рынка есть специалисты из самых разных областей, компетентно оценивающие те или иные информационные сообщения, связанные с компанией. Учитывая достаточно высокий уровень колебаний, которым подвергается капитализация компании под действием краткосрочных факторов, представляется целесообразным для определения энергоэффективности использовать усредненное значение капитализации за некоторый период (квартал, полугодие, год).

Преимуществом использования капитализации в качестве оценки результата

деятельности компании является возможность сравнения компаний из разных секторов экономики. Основным недостатком такого подхода является высокая спекулятивная составляющая в оценке капитализации. Кроме того, при таком подходе мы ограничены кругом тех компаний, акции которых торгуются на биржах.

Независимо от того, какой показатель будет выбран в качестве оценки полезного результата деятельности компании, использовать энергоэффективность в качестве целевого показателя не следует. Дело в том, что при сравнении энергоэффективности различных компаний, а также при анализе динамики энергоэффективности для одной компании изменение показателя энергоэффективности может быть никак не связано с собственно энергетическими потоками. Например, колебания рыночных цен могут приводить к значительным изменениям выручки, прибыли и капитализации при неизменном объеме производства и энергозатратах. Когда же ставится задача по повышению энергоэффективности, напротив, всегда подразумеваются преобразования именно в тех производственных процессах, которые непосредственно связаны с преобразованием и потреблением энергии. Сама по себе постановка задачи на повышение энергоэффективности не дает четкого понимания, какие и где потребуются преобразования. Более того, повышение энергоэффективности вовсе не гарантирует, как будет показано далее, положительного экономического эффекта.

### Энергоэффективность технологий и оборудования

При переходе к оценке энергоэффективности технологий задача не сильно упрощается. Например, рассматривая производство электроэнергии на тепловых электростанциях, мы можем посчитать и сравнить удельный расход топлива в тоннах условного топлива на единицу выработанной электроэнергии. Продукт на выходе будет одинаковым, что снимает неопределенность в отношении измерения полезного результата. Однако затраты, приведенные к общей единице измерения энергии, могут быть различны по качеству и цене. Так, при сравнении современной крупной парогазовой установки и паросиловой электростанции на биотопливе энергоэффективность последней, очевидно, окажется значительно ниже. Это объясняется объективными причинами:

- парогазовый цикл по сравнению с паросиловым обеспечивает значительную экономию топлива за счет более высокой начальной температуры рабочего тела;
- в тепловой электроэнергетике заметную роль играет эффект масштаба, снижающий удельный вес потерь и затрат энергии на собственные нужды с ростом мощности установки, а единичная мощность энергоблоков на биотопливе в разы меньше единичной мощности современных ПГУ;
- физико-химические свойства биотоплива обуславливают дополнительные затраты на его подготовку к сжиганию и относительно низкие параметры сгорания.

Даже сравнение двух паросиловых энергоблоков — работающего на угле и на биотопливе — будет явно не в пользу последнего. Значит ли это, что в целях повышения энергоэффективности необходимо отказаться от станций на биотопливе? Конечно, нет. Для этого существуют как экономические, так и экологические причины, причем они не обязательно лежат в плоскости электроэнергетики.

Так, например, в Китае в настоящее время функционирует более 30 биотопливных электростанций с общей установленной мощностью 1200 МВт, рассчитанных на использование соломы в качестве основного топлива. За два года работы подобные электростанции выработали 2,6 млрд кВт·ч электроэнергии. В чем плюсы и минусы таких станций? Солому

для них энергетические компании приобретают у местных фермерских хозяйств, где ранее она не находила полезного применения и просто сжигалась, а теперь является дополнительным источником дохода. Учитывая высокий расход топлива по сравнению с традиционными электростанциями, а также другие трудности, связанные с использованием соломы в качестве топлива, электростанции на соломе пользуются государственными предпочтениями. Электроэнергия с «соломенных» электростанций покупается сетью на 40% дороже, чем электроэнергия, произведенная на угольных станциях. Иными словами, государство вынуждено частично субсидировать процесс производства электроэнергии из соломы, однако при этом может сократить объемы поддержки фермерских хозяйств.

Дополнительным плюсом является сокращение вредных выбросов в атмосферу. При сжигании соломы практически отсутствуют выбросы оксида серы, характерные для сжигания угля. Кроме того, объем выбрасываемых парниковых газов также сокращается. Хотя удельный расход топлива при использовании соломы и выше, чем при использовании угля, фактически от строительства «соломенной» электростанции объем выбросов парниковых газов не увеличивается, ведь раньше эта солома все равно сжигалась фермерами. Таким образом, в масштабах национального парникового баланса использование соломы в качестве альтернативы углю позволяет сократить выбросы парниковых газов.

Помимо этого, при сжигании соломы значительно упрощается проблема утилизации твердых остатков от сжигания топлива. Если для угля зольность часто достигает 30%, то для соломы этот показатель составляет всего около 2%. При этом угольная зола представляет опасность для окружающей среды, в то время как зола от соломы после незначительной обработки может быть использована в качестве удобрения.

Рассмотренный пример показывает, что даже значительно проигрывающая по чистой энергоэффективности технология может быть весьма востребованной и полезной для национальной экономики, если учитывать окружающие экономические связи и вопросы экологии, которые в конечном счете также могут быть оценены в денежном выражении. Не случайно с 2011 года в Китае действует государственная



программа, в соответствии с которой планируется ежегодно вводить в эксплуатацию до 30 электростанций, использующих возобновляемые виды топлива — солому, рисовую шелуху, прочие отходы сельского хозяйства, а также топливные гранулы, производимые из быстрорастущих пород деревьев. Всего к 2020 году установленная мощность электростанций на биотопливе должна составить около 30 ГВт.

Рассмотрим более простой случай, когда и результат, и входящие энергоресурсы одинаковы. Работа Единой системы газоснабжения России, находящейся в собственности ОАО «Газпром», характеризуется четким показателем — количеством энергии, затрачиваемой на единицу товаротранспортной работы, млн т у.т./млн т·км. Этот показатель можно рассматривать как обратный к энергоэффективности. В результате проведения модернизации газоперекачивающих станций, сокращения потерь и технологического сраствливания газа в атмосферу, многих других технических и организационных мероприятий в последние годы было обеспечено последовательное снижение этого показателя со средним темпом 1,5–2,5% в год. Однако гораздо более значительное снижение удельных энергозатрат на транспорт газа могло быть достигнуто иным путем. Развитие мирового экономического кризиса и следовавшее за ним сокращение потребления российского газа на европейском рынке привели к существенному сокращению объема перекачиваемого газа. Из-за того, что зависимость потерь на трение от объема прокачиваемого газа носит нелинейный характер, в 2009 году удельные затраты газа на совершение товаротранспортной работы в ЕСГ сократились на 14%. Для такой масштабной системы результат просто выдающийся, однако вряд ли он стоил сопутствующего сокращения экономических показателей деятельности ОАО «Газпром».

Энергоэффективность оборудования наиболее проста в измерении и сравнении. В ряду различных источников освещения выстраивается совершенно четкая последовательность: лампы накаливания, газоразрядные лампы, светодиодные лампы. Однако несмотря на более высокую эффективность, в быту газоразрядные лампы пока не нашли широкого применения, нечего говорить и о светодиодах. Причина проста — стоимость. Да, газоразрядная лампа потребляет мень-

ше энергии и несколько дольше служит по сравнению с обыкновенной лампой накаливания. Однако при нынешнем соотношении цен на лампы разных типов и при нынешней стоимости электроэнергии срок окупаемости газоразрядной лампы в быту, где среднесуточное время горения не превышает 2–3 часов, пока еще выше, чем срок службы такой лампы. Но в офисах, где среднесуточное время горения составляет 8 и более часов, такие лампы действительно позволяют экономить.

Если же мы рассмотрим задачу создания аварийного источника электроснабжения для дачного дома, то с учетом высокой стоимости единицы мощности дизельных или бензиновых генераторов использование газоразрядных ламп окажется уже намного более выгодным, чем ламп накаливания. Причем экономия возникнет не на потребляемой электроэнергии, а на инвестициях в приобретение генераторной установки.

Между тем текущая стоимость осветительных систем на базе светодиодов при всей их несомненной энергоэффективности пока не позволяет найти экономически обусловленную нишу для применения таких систем ни на производстве, ни тем более в быту.

### **Энергоэффективность, энерговооруженность и производительность труда**

Энергоэффективность — это достаточно важный, но далеко не единственный удельный параметр, характеризующий ту или иную компанию или технологию. Он тесно связан с понятием энерговооруженности, то есть количества энергии, приходящейся на одного работающего. Энерговооруженность, в свою очередь, прямо влияет на производительность труда. Рассмотрим взаимосвязь этих параметров и качественно определим характер зависимостей (рис. 1). Все приведенные цифры на графиках условны и носят иллюстративный характер.

При полностью ручном труде затраты физической энергии устремляются к нулю, в то время как объем производства будет отличен от нуля. Иными словами, при нулевой энерговооруженности величина энергоэффективности будет стремиться к бесконечности. Этот умоглядный вывод достаточно ярко подтверждается статистикой, согласно которой наименьшую удельную энергоемкость ВВП демонстри-

руют такие страны, как Чад, Камбоджа и Афганистан. При росте энерговооруженности производительность труда сначала изменяется относительно медленно, а затем достаточно резко. При дальней-

шем наращивании энерговооруженности рост производительности труда замедляется, поскольку ограничивающими становятся прочие факторы производства.

Если мы рассматриваем производство с одним работником, то приведенный график производительности труда в зависимости от энерговооруженности также может рассматриваться как зависимость объема производства от затраченной энергии. При этом тангенс угла между осью абсцисс и отрезком, соединяющим начало координат и произвольную точку на графике, численно равен энергоэффективности в этой точке. Кривая энергоэффективности имеет разрыв в нулевой точке, максимум при некоторой энерговооруженности и затем непрерывно уменьшается.

Рассмотрим экономику такого элементарного предприятия при следующих допущениях:

- существует заданная рыночная цена на продукцию предприятия;
- издержки на потребляемую энергию растут прямо пропорционально объему энергопотребления;
- издержки на оплату труда растут медленнее, чем производительность труда;
- затраты на сырье и материалы растут прямо пропорционально объему производства.

Расчет показывает, что максимум прибыли достигается в точке, не совпадающей с точкой максимальной энергоэффективности, что вполне закономерно, поскольку энергия не является единственным потребляемым ресурсом (рис. 2). Для сравнения приводятся расчетные показатели предприятия в точке максимальной энергоэффективности и максимальной прибыли. Кроме того, приведены параметры для точки, где прибыль такая же, как и в точке с максимальной энергоэффективностью, но стоимость производственных активов в полтора раза выше (табл. 3). При относительно стабильных экономических условиях акционеры такого предприятия не будут заинтересованы в максимизации энергоэффективности, причем не только по причине снижения прибыли. Ведь для меньшей энерговооруженности требуются более дешевые производственные активы, а меньшая стоимость активов ухудшает кредитоспособность предприятия. В современных условиях, когда большинство компаний прибегает к кредитованию, точка максимальной энергоэффективности становится еще менее привлекательной.

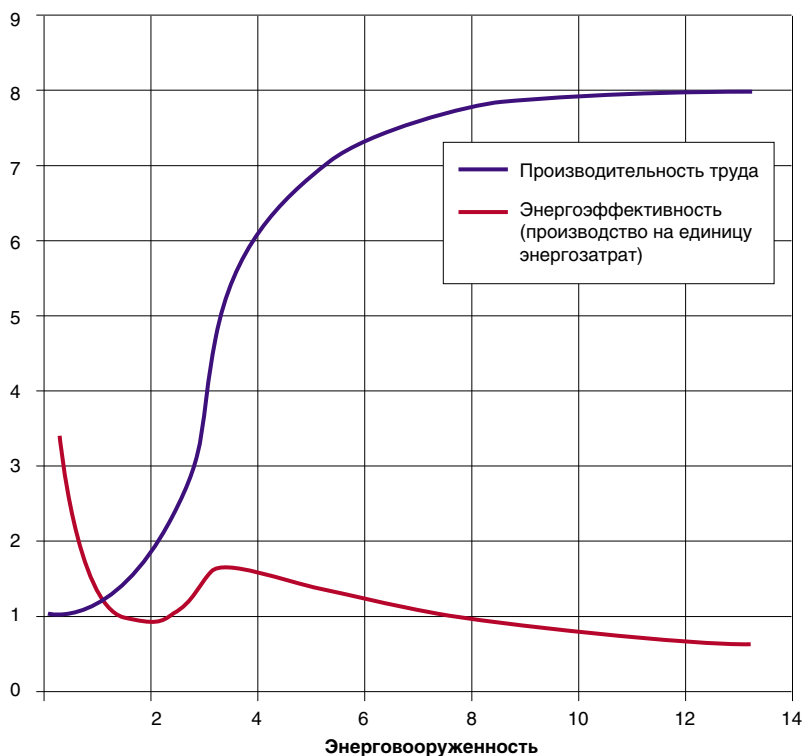


Рис. 1. Взаимосвязь энерговооруженности, производительности труда и энергоэффективности

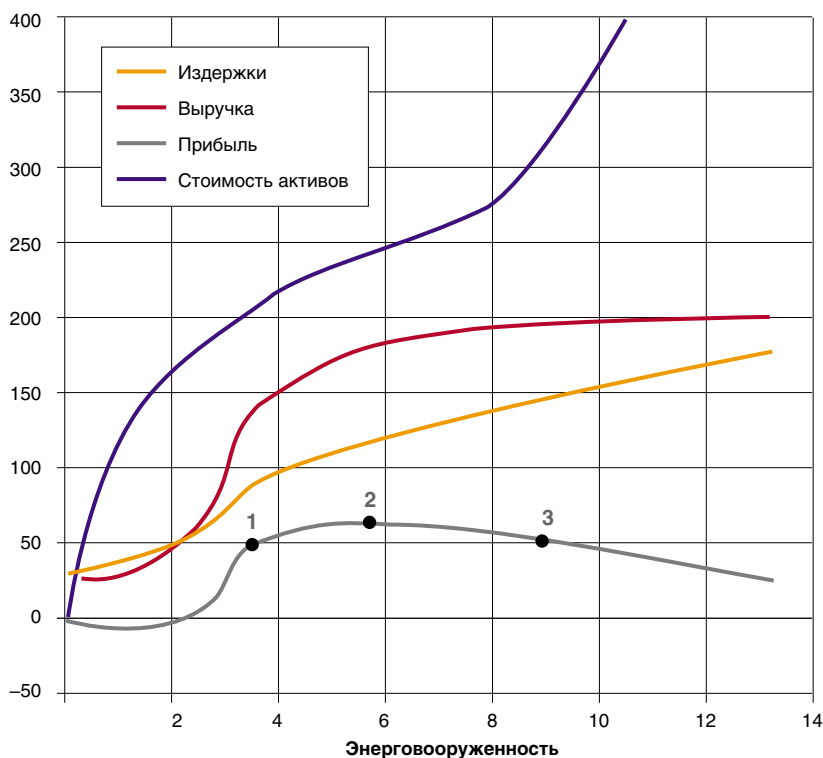


Рис. 2. Основные показатели предприятия при различной энерговооруженности

Таблица 3

Показатели работы предприятия в характерных точках состояния

Показатель	Точка 1	Точка 2	Точка 3
Энерговооруженность	3,6	5,8	8,9
Оборот	141,7	181,7	196,3
Прибыль	51,2	63	51,2
Энергоэффективность	1,57	1,25	0,88
Стоимость активов	206	246	317

Таким образом, задача максимизации энергоэффективности компании в общем случае находится в противоречии с основными интересами акционеров. Смещение в сторону точки максимальной энергоэффективности имеет смысл только в том случае, если в будущем ожидается существенный рост стоимости энергии относительно прочих используемых в производстве ресурсов. Между тем в существующих прогнозах на период до 2020 года существенного удорожания стоимости основных энергоресурсов не ожидается. В таких условиях задавать жесткие ориентиры по снижению энергоемкости российской экономики представляется нецелесообразным. Безоглядное снижение энергоемкости будет выгодно лишь энергетическим компаниям, поскольку в некоторой мере избавит их от необходимости осуществления масштабных инвестиций в разведку и добычу энергоресурсов, а также в производство электроэнергии.

### Выводы

Энергоэффективность отражает производительность, измеренную по отношению к одному из производственных ресурсов — энергии. Между тем существует множество иных затрачиваемых в производстве ресурсов. Управление любым более-менее крупным хозяйством — это сложная, объемная оптимизационная задача, где энергоемкость является лишь одним из многих параметров. Повысить энергоэффективность при сохранении или даже повышении общей эффективности работы предприятия всегда намного сложнее, чем повысить энергоэффективность в ущерб прочим показателям.

Как было показано, повышение энергоэффективности и повышение экономи-

ческой эффективности являются синонимами лишь до определенного предела. Говоря о российской экономике, можно утверждать, что для большинства секторов рост энергоэффективности будет означать также рост экономической эффективности. Такое положение вещей в значительной степени обусловлено, как справедливо отмечают многие исследователи, доминированием устаревших технологий в энергетике, ЖКХ и энергоемких секторах промышленности, в частности — недопустимо высоким уровнем потерь. В результате в настоящий момент в большинстве случаев можно смело инвестировать в энергоэффективные технологии, будучи уверенным в положительном экономическом эффекте.

Тем не менее, чтобы определение энергоэффективности отражало ее взаимосвязь с общей эффективностью компании, не следует ограничиваться лишь рассмотрением количественного отношения результата к затратам энергии. По существу, энергоэффективность — это использование энергетических ресурсов с применением такого оборудования и технологий, которые при существующем уровне развития техники и соблюдении требований к охране окружающей среды обеспечивают максимальную конкурентоспособность и устойчивость развития компании.

**В. В. Тиматков**

### ТИМАТКОВ Василий Вячеславович —

руководитель экспертно-аналитического управления по новым энергетическим технологиям Института энергетической стратегии с 2010 г.

Родился в 1978 г. в Москве.

В 2001 г. окончил электроэнергетический факультет Московского энергетического института, в 2005 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В 2005–2006 гг. — младший научный сотрудник МЭИ.

В 2006–2010 гг. — руководитель отдела исследований машиностроительных отраслей Института проблем естественных монополий.

Имеет более 30 научных и публицистических трудов, среди которых коллективные монографии, статьи в журналах и газетах, тезисы выступлений на научных конференциях.

