

## **О роли экономико-математического моделирования при разработке схем теплоснабжения, программ комплексного развития и ТЭО объектов теплоэнергетики**

*А. С. Бондарчук, председатель Комитета по энергетике и инженерному обеспечению Санкт-Петербурга*

*Ю. В. Юферев, заместитель директора НТЦ «Комплексное развитие инженерной инфраструктуры» в г. Санкт-Петербурге АО «Газпром промгаз»*

*Л. И. Звездунов, главный специалист НТЦ «Комплексное развитие инженерной инфраструктуры» в г. Санкт-Петербурге АО «Газпром промгаз»*

*Д. А. Мильков, ведущий инженер НТЦ «Комплексное развитие инженерной инфраструктуры» в г. Санкт-Петербурге АО «Газпром промгаз»*

*Сегодняшнее состояние теплоэнергетики России предопределяет необходимость ее реновации путем проведения широкомасштабной реформы. Предлагаемая Минэнерго России новая модель рынка тепловой энергии должна решить проблему прогнозируемости тарифа на период, достаточный для принятия серьезных долгосрочных инвестиционных решений и создать реальные предпосылки для привлечения финансирования, в том числе и от частных инвесторов. Взаимоотношения частных инвесторов, планирующих внести свой вклад в модернизацию объектов теплоэнергетики, с исполнительными органами государственной власти и с потребителями, определяют нормы Федерального закона «О концессионных соглашениях». Концессионному соглашению, как правило, предшествует разработка технико-экономического обоснования, выполняемого с использованием экономико-математического моделирования. Последнее также необходимо для обоснования решений при разработке и актуализации схем теплоснабжения и программ комплексного развития. В статье рассмотрена роль экономико-математического моделирования при разработке схем теплоснабжения, программ комплексного развития на примере Санкт-Петербурга и городских поселений Ленинградской области, а также ТЭО ряда объектов теплоэнергетики.*

### **Ключевые слова**

Исполнительные органы государственной власти (ИОГВ), концессия, концессионное соглашение (КС), концессионер, концедент, технико-экономическое обоснование (ТЭО), экономико-математическая модель (ЭММ), схема теплоснабжения (СхТ), программа комплексного развития (ПКР), местное самоуправление (МСУ), государственно-частное партнерство (ГЧП), теплоэлектроцентраль (ТЭЦ), котельная, источник тепловой энергии, инженерно-энергетический комплекс (ИЭК), теплоснабжающая организация (ТСО).

Разработанная Минэнерго РФ с учетом реального состояния отрасли теплоснабжения в России [1] энергетическая стратегия до 2035 года [2] определяет основные направления развития теплоснабжения и должна создать условия для привлечения инвестиций, а значит, создать рынок «тепла».

В настоящее время взаимоотношения частных инвесторов, осуществляющих проекты строительства и реконструкции систем теплоснабжения, с ИОГВ и местного самоуправления (МСУ), а также с потребителями коммунальных ресурсов, определяют нормы Федерального закона «О концессионных соглашениях» [3] и принятых во исполнение данного закона подзаконных актов.

На рис. 1 представлена схема взаимодействия участников регионального рынка коммунальных ресурсов при осуществлении операционной и инвестиционной деятельности организаций инженерно-энергетического комплекса (ИЭК).

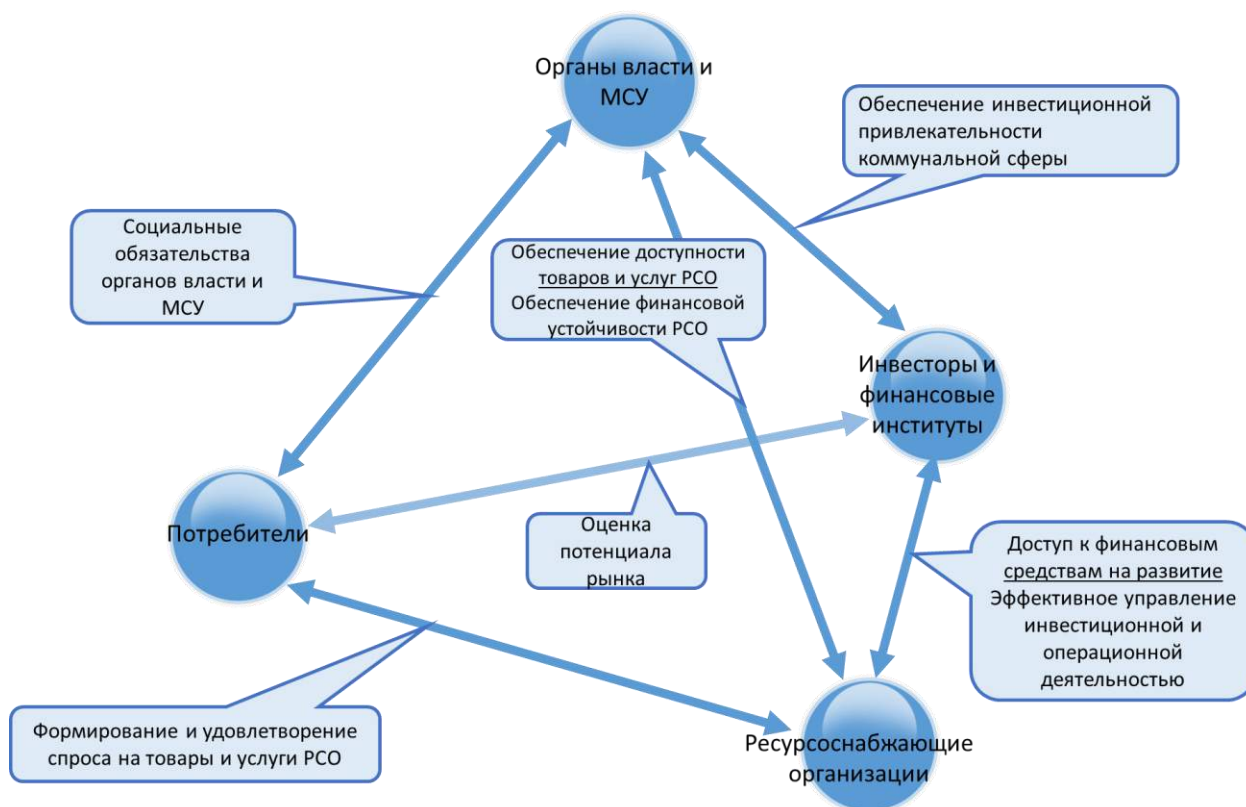


Рис. 1. Схема взаимодействия участников регионального рынка коммунальных ресурсов при осуществлении операционной и инвестиционной деятельности организаций ИЭК

Участники принимают решения относительно состава, сроков и объема финансирования мероприятий схем, программ и проектов в соответствии со своей зоной ответственности и интересами. В частности, ИОГВ региона (органы МСУ):

- как гаранты интересов местного сообщества, решают задачи обеспечения надежности и ценовой доступности снабжения коммунальными ресурсами всех групп потребителей;
- как представители собственника активов региона (поселения), решают задачи эффективного использования, содержания и сохранения государственной (муниципальной) собственности в системах ИЭК.

Менеджмент организаций ИЭК заинтересован в увеличении финансовых потоков от текущей и инвестиционной деятельности и операционной прибыли.

Акционеры организаций ИЭК видят целью увеличение акционерного капитала и рост дивидендов.

С учетом разной направленности интересов участников условием принятия и реализации мероприятий схем теплоснабжения, программ и проектов становится наличие убедительных и прозрачных результатов технико-экономических обоснований, определяющих условия достижения целей проекта при обеспечении баланса интересов всех участников.

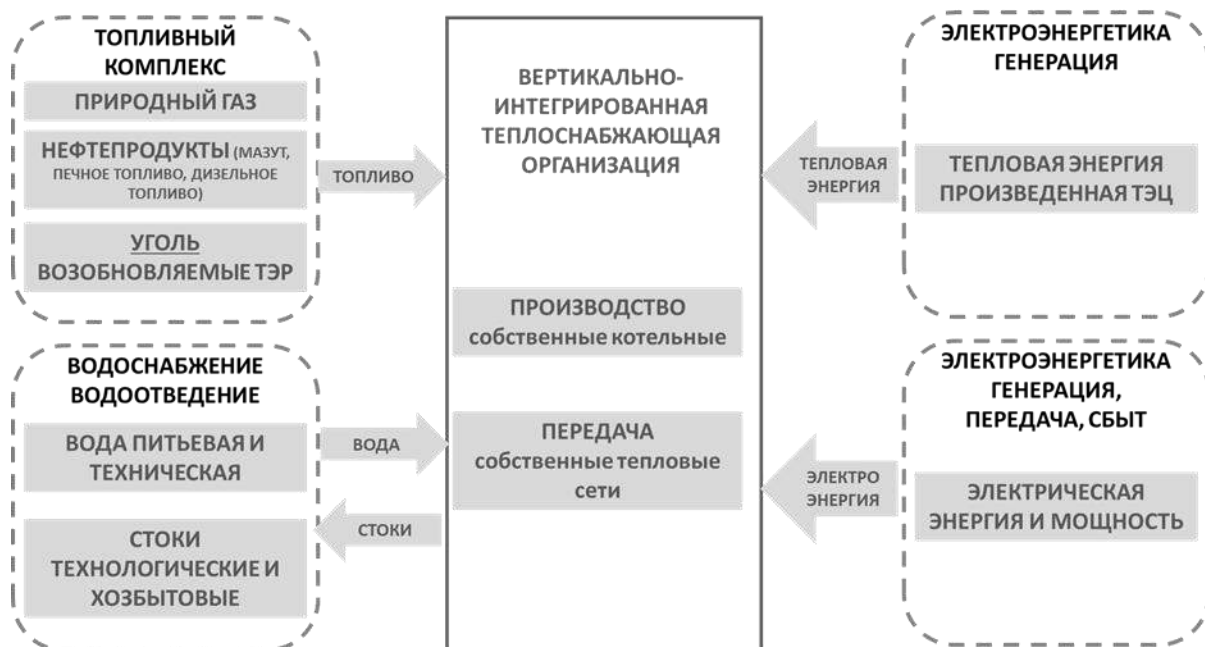
Например, в ходе разработки или актуализации схем теплоснабжения требуется выполнять большой объем технико-экономических обоснований в отношении:

- схемных решений по обеспечению надежности и качества обеспечения потребителей коммунальными ресурсами;
- системных решений по перераспределению тепловых нагрузок между источниками, выводу из эксплуатации источников, изменению режимов их работы;
- выбора варианта обеспечения коммунальными ресурсами территорий градостроительного развития (оценка целесообразности подключения к действующим источникам или к вновь строящимся) и т. п.

При разработке ПКР систем коммунальной инфраструктуры необходимым условием обеспечения эффективности является определение условий достижения баланса между объемом инвестиционных мероприятий, благодаря которым достигаются цели развития систем коммунальной инфраструктуры, и финансовыми возможностями организаций ИЭК.

Разработка схем теплоснабжения, программ и проектов систем ИЭК мегаполиса или региона, подготовка и принятие решений по составу, объему и стоимости мероприятий требуют оценки и учета внутриотраслевых и межотраслевых связей в форме натуральных потоков сырья, топливно-энергетических ресурсов для любой из составных частей комплекса. Например, крупная вертикально интегрированная теплоснабжающая организация мегаполиса, осуществляющая производство, передачу и распределение тепловой энергии, должна постоянно получать топливо, воду, электроэнергию и, в необходимых случаях, тепловую энергию иных производителей (рис. 2). Также должны быть учтены текущие и прогнозные показатели макроэкономической ситуации – прогнозные цены на ресурсы и продукцию, налоговое окружение, процентные ставки по кредитам.

С учетом вышеизложенного необходима методическая основа (платформа), которая позволит получать объективные количественные оценки последствий принимаемых решений каждым из участников для него самого и для остальных.



*Рис. 2. Система межотраслевых связей крупной вертикально интегрированной теплоснабжающей организации*

Разработанная система электронных экономико-математических моделей предназначена для выполнения технико-экономической оценки проектов, обоснованности мероприятий в схемах теплоснабжения и программах развития ИЭК [4, 5, 6] и может быть использована ИОГВ, разработчиками схем и программ развития ИЭК, а также потенциальными инвесторами и финансовыми институтами.

На рис. 3 представлены объекты, инструменты и методики технико-экономической оценки проектов и программ развития ИЭК.

| Объекты технико-экономической оценки  | Инструменты   | Методики  |
|---|---|---|
| Проекты (программы) нового строительства и/или реконструкции объектов и систем энергоснабжения действующей энергоснабжающей организацией (инвестиционная программа) | Прогноз (расчет) объемов реализации товаров и услуг организациями в зоне осуществления проекта (программы, схемы)     | Обоснование сбалансированности спроса на ресурсы и мощность с производительностью и пропускной способностью систем  |
| Системные (схемные) решения по перераспределению нагрузок, закрытию источников, изменению режимов их использования  | Прогноз (расчет) натуральных эффектов реализации мероприятий проектов (программ, схем)                                | Обоснование выбора целесообразных (оптимальных) по критерию «стоимость –эффективность» проектных и системных решений  |
| Проекты нового строительства объектов и систем энергоснабжения и создания новой организации (проектное финансирование)  | Обоснование потребностей в финансовых ресурсах для реализации проектов (программ, схем)                               | Формирование финансового плана проекта (программы) Оценка (прогноз) достаточности собственных средств организаций для финансирования мероприятий и возврата заемных средств |
| Проекты (программы) нового строительства и/или реконструкции объектов и систем энергоснабжения с передачей инвестору по концессионному соглашению (в аренду)        | Расчет показателей операционной деятельности организаций в период реализации проектов (программ, схем)                | Оценка привлекательности проекта для частного инвестора. Анализ рисков и обоснование мер по их компенсации  |
|   | Расчет показателей инвестиционной и финансовой деятельности организаций в период реализации проектов (программ, схем) | Оценка доступности тарифов для потребителей и обоснование мер бюджетной поддержки потребителей или инвесторов   |
|   | Расчет показателей тарифных и бюджетных последствий реализации проектов (программ, схем)                              |   |

Рис. 3. Объекты, инструменты и методики технико-экономической оценки проектов и программ развития ИЭК

## **Основные принципы, положенные в основу ЭММ, включают:**

Комплексность построения системы инструментальных средств моделирования, которая обеспечивает возможность количественной оценки взаимосвязанного влияния изменений всех внешних и внутренних факторов, определяющих результаты финансово-хозяйственной деятельности объектов, организаций и систем ИЭК. Это достигается путем сквозного учета при построении расчетных алгоритмов влияния мероприятий инвестиционных программ на технические показатели головных источников и сетей, влияния технических показателей на показатели финансово-хозяйственной деятельности, влияния внешних факторов (налоговое окружение, ценовая конъюнктура, спрос и конкуренция).

Соответствие действующему законодательству. Достигается согласованием всех применяемых количественных показателей, расчетных модулей и алгоритмов с нормами и положениями действующих федеральных и региональных законов и подзаконных актов, с действующими методиками. То же касается и применяемой терминологии.

Релевантность системы входных и выходных документов электронных экономико-математических моделей форм документов территориального и инвестиционного планирования, установленным федеральным и региональным законодательством.

Прозрачность инструментальных средств и методик технико-экономической оценки проектов и программ развития систем инженерно-энергетического комплекса. Позволяет и исполнителю ТЭО, и лицам, предполагающим использование его результатов, наглядно проследить механизмы учета влияния изменений всех групп исходных данных на конечные результаты моделирования.

Гибкость инструментальных средств и методик технико-экономической оценки.

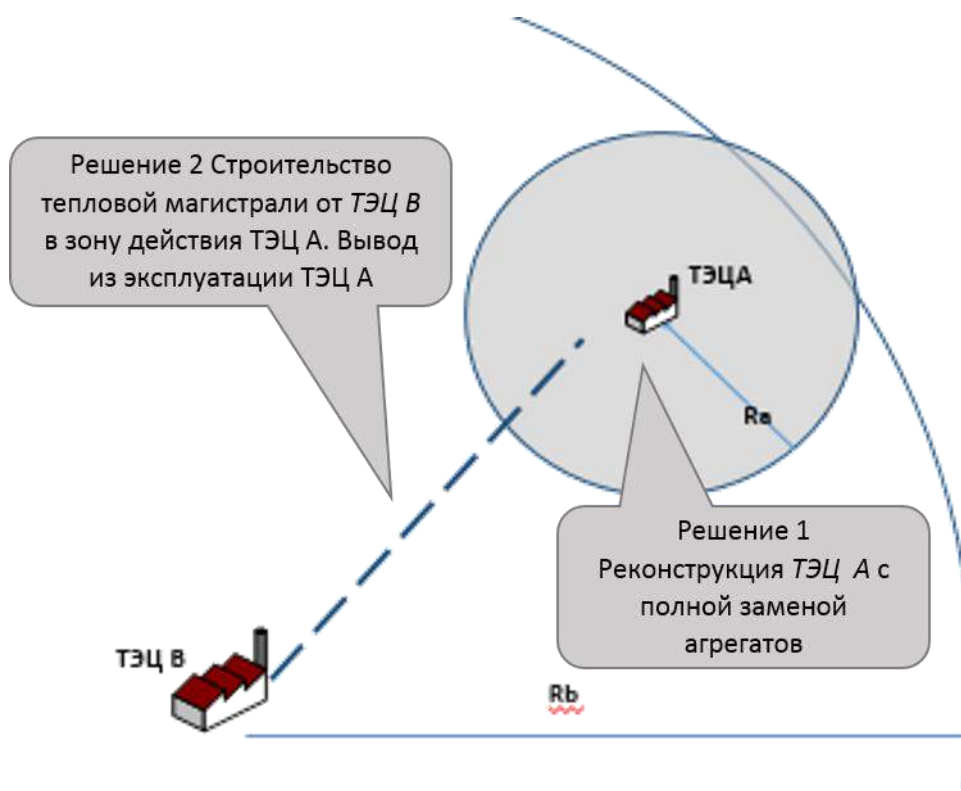
Позволяет «настраивать» электронные экономико-математические модели для конкретной структуры регионального рынка коммунальных ресурсов, организаций инженерно-энергетического комплекса в соответствии с целями исследования.

С использованием ЭММ решаются следующие основные задачи:

- 1) прогнозирование результатов финансово-хозяйственной деятельности организаций ИЭК;
- 2) оценка возможностей финансирования мероприятий на планируемый период с определением источников финансирования;
- 3) расчет показателей экономической эффективности проектов и мероприятий;
- 4) определение тарифной и бюджетной политики в связи с реализацией проектов в рамках концессионных соглашений.

При разработке и актуализации схем теплоснабжения и программ развития ИЭК в ряде случаев результаты моделирования необходимы для разрешения ситуаций, когда источники тепловой энергии выслужили свой ресурс и ТСО предлагают альтернативные варианты развития системы теплоснабжения.

Например, система теплоснабжения  $TЭЦ A$  (рис. 4) сформировалась более 50 лет назад. Источник тепловой энергии в течение этого периода не подвергался существенной реконструкции, износ основных агрегатов  $TЭЦ A$  достиг критического уровня. К моменту разработки схемы теплоснабжения  $TЭЦ A$  входит в состав частной компании, осуществляющей выработку электрической и тепловой энергии и их поставок на региональные рынки. Менеджмент частной компании выступает с инициативой проведения глубокой реконструкции  $TЭЦ A$ . Решение о включении проекта в состав мероприятий схемы теплоснабжения необходимо менеджменту компании для обоснования целесообразности проекта и его одобрения собственниками компании.



Рису. 4. Схемные решения по перераспределению тепловых нагрузок между источниками тепловой энергии

В соответствии с [7] для разработчика схемы теплоснабжения приоритетными являются интересы потребителей тепловой энергии. В связи с этим разработчик должен рассмотреть возможные варианты решения проблемы обеспечения надежности в зоне теплоснабжения  $TЭЦ A$  по критерию «стоимость-эффективность», где под стоимостью понимаются затраты потребителя тепловой энергии, а под эффективностью — уровень обеспечения надежности и качества теплоснабжения.

В рассматриваемом примере альтернативой реконструкции  $TЭЦ A$  может стать строительство тепловой магистрали от  $TЭЦ B$ , имеющей резерв тепловой мощности, в зону действия  $TЭЦ A$  и вывод из эксплуатации  $TЭЦ A$ .

Сравнительная оценка тарифных последствий вариантов переключения нагрузок на  $TЭЦ B$  или реконструкции  $TЭЦ A$  показывает преимущество для потребителя решения 2 (рис. 5).

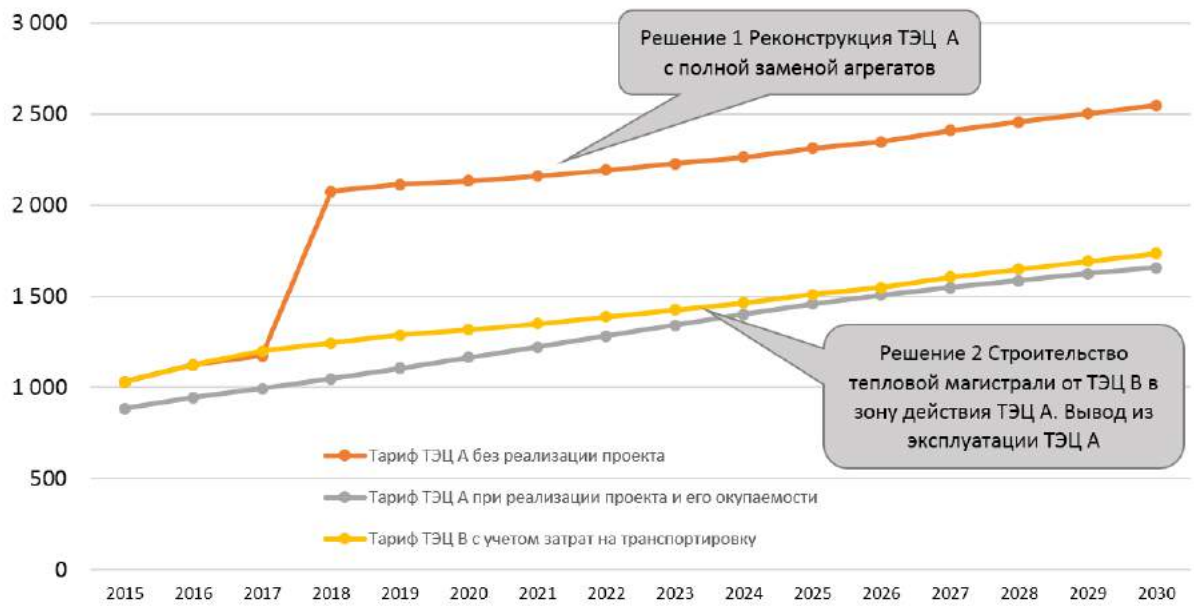


Рис. 5. Сравнительная оценка тарифных (ценовых) последствий вариантов решений переключения тепловых нагрузок на ТЭЦ В или реконструкции ТЭЦ А (руб/Гкал)

Решение о переключении нагрузок ТЭЦ А на ТЭЦ В приведет к вытеснению компании, эксплуатирующей ТЭЦ А, с регионального рынка тепловой энергии и мощности вразрез с инициативой ее менеджмента. Применение ЭММ показало (рис. 6), что затраты на реконструкцию ТЭЦ А не окупятся в допустимый для инвестора срок, и позволило принять обоснованное решение в схеме теплоснабжения.

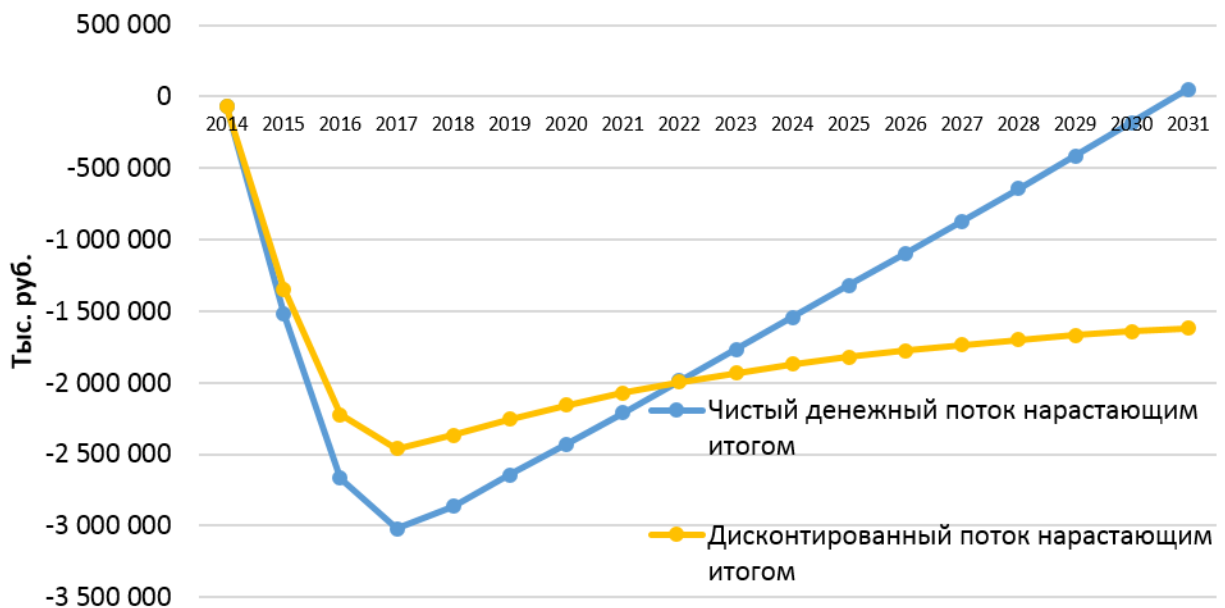


Рис. 6. Показатели инвестиционного проекта реконструкции ТЭЦ А (тыс. руб.)



Модель государственно-частного партнерства (ГЧП) в форме концессионного соглашения (КС) рассматривается в настоящее время как перспективный инструмент реализации мероприятий схем теплоснабжения и программ развития ИЭК. Незначительное количество таких запущенных проектов связано с высокой степенью неопределенности их результатов, вызванной необходимостью прогнозирования показателей финансово-хозяйственной деятельности ТСО и наличием разнонаправленных интересов лиц, участвующих в таких проектах.

Выполняя моделирование различных вариантов реализации проекта и плана его финансирования, инициатор концессионного соглашения находит решение по обоснованию состава мероприятий проекта, плана его финансирования, включая меры финансовой поддержки за счет регионального и муниципального бюджетов в условиях следующих ограничений:

- 1) объем рынка с учетом перспектив градостроительного развития рассматриваемой территории;
- 2) ценовая доступность товаров и услуг для потребителей;
- 3) инвестиционная привлекательность проекта.

В идеальном случае реализация проекта должна обеспечить повышение энергоэффективности и снижение затрат на топливо, электроэнергию, техническое обслуживание и ремонт в размере, позволяющем обеспечить возврат инвестиций и предпринимательский доход.

Однако сегодня с учетом ограничений на тарифы способность таких проектов к самофинансированию практически не обеспечивается. Приходится привлекать средства бюджетов различных уровней для:

- 1) обеспечения доступности тарифов для всех групп потребителей посредством установления тарифов ниже отпускного для оператора проекта (компенсация разницы в тарифах в  $j$  году планируемого периода  $Z_{\text{пр}}^j$ );
- 2) создания денежного потока концессионеру, обеспечивающего возврат вложенных средств с требуемой нормой доходности (плата концедента в  $j$  году планируемого периода  $Z_{\text{пк}}^j$ ).

В такой постановке наилучшим вариантом проекта будет тот, который обеспечивает минимальный размер суммарных затрат из бюджетов всех уровней на компенсацию разницы в тарифах и возмещение расходов концессионера при заданных ограничениях в течение  $n$  лет планируемого периода действия концессионного соглашения:

$$\min \sum_{j=1}^n (Z_{\text{пр}}^j + Z_{\text{пк}}^j).$$

В качестве примера ниже рассмотрен проект реконструкции систем теплоснабжения, которые характеризовались:

- высокой степенью износа тепломеханического оборудования источников и низкой надежностью электроснабжения;
- высокой степенью износа тепловых сетей;
- использованием в качестве топлива угля и мазута.

Себестоимость производства и передачи тепловой энергии в рассматриваемых системах теплоснабжения превышала уровень тарифов в среднем по системообразующим теплоснабжающим организациям (ТСО) города более чем в два раза.

Рассматриваемые системы до выполнения проекта входили в состав крупной системообразующей ТСО. Их доля составляла менее трех процентов в суммарном отпуске тепловой энергии. Вследствие этого влияние неэффективных, «плохих» активов на общий результат финансово-хозяйственной деятельности ТСО было незначительным и компенсировалось эффективными источниками.

Выделение неэффективных активов в отдельный комплекс приводит к двум разнонаправленным результатам:

- 1) мероприятия по реконструкции источников и сетей с переводом источников на природный газ в качестве основного топлива дают существенный эффект по снижению себестоимости полезного отпуска тепловой энергии (рис. 7);
- 2) сведение неэффективных активов в отдельный комплекс и передача его концессионеру приводит на начальном этапе проекта (до проведения реконструкции источников и сетей) к росту отпускных тарифов, которые не могут быть установлены в рамках существующей федеральной и региональной тарифной политики (рис. 8).

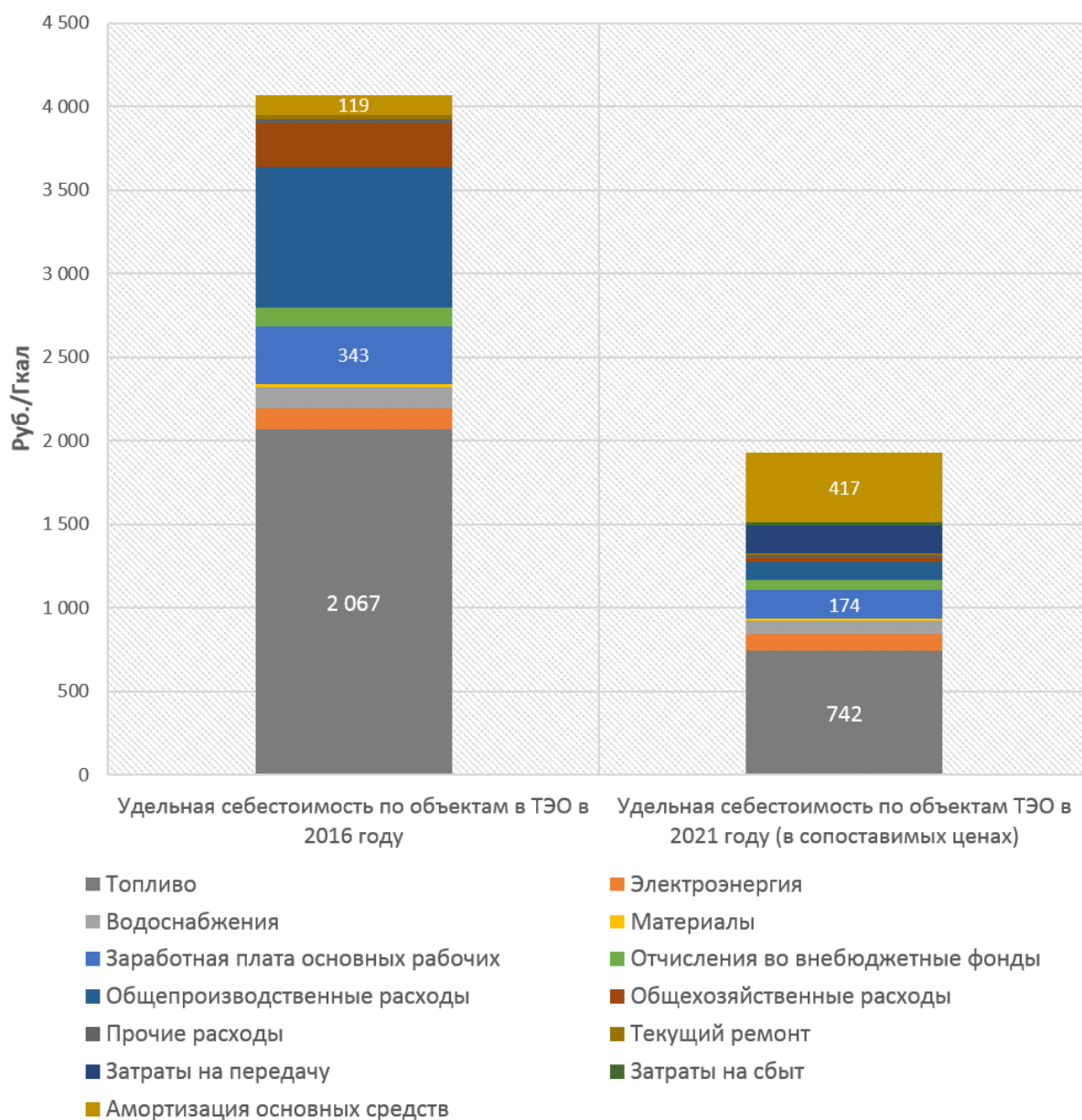


Рис. 7. Структура себестоимости полезного отпуска тепловой энергии до и после реконструкции систем теплоснабжения

С использованием ЭММ выполнены разработка и исследование вариантов снижения тарифной нагрузки на потребителей тепловой энергии в зоне реализации проекта в период от передачи систем теплоснабжения концессионеру до завершения реконструкции котельных по следующим направлениям:

- оптимизации структуры тарифа концессионера на тепловую энергию прежде всего за счет снижения доли накладных расходов в стоимости производства и передачи тепловой энергии;

- разработки схемы взаимодействия концессионера, ТСО и концедента, обеспечивающей снижение стоимости тепловой энергии для конечного потребителя.

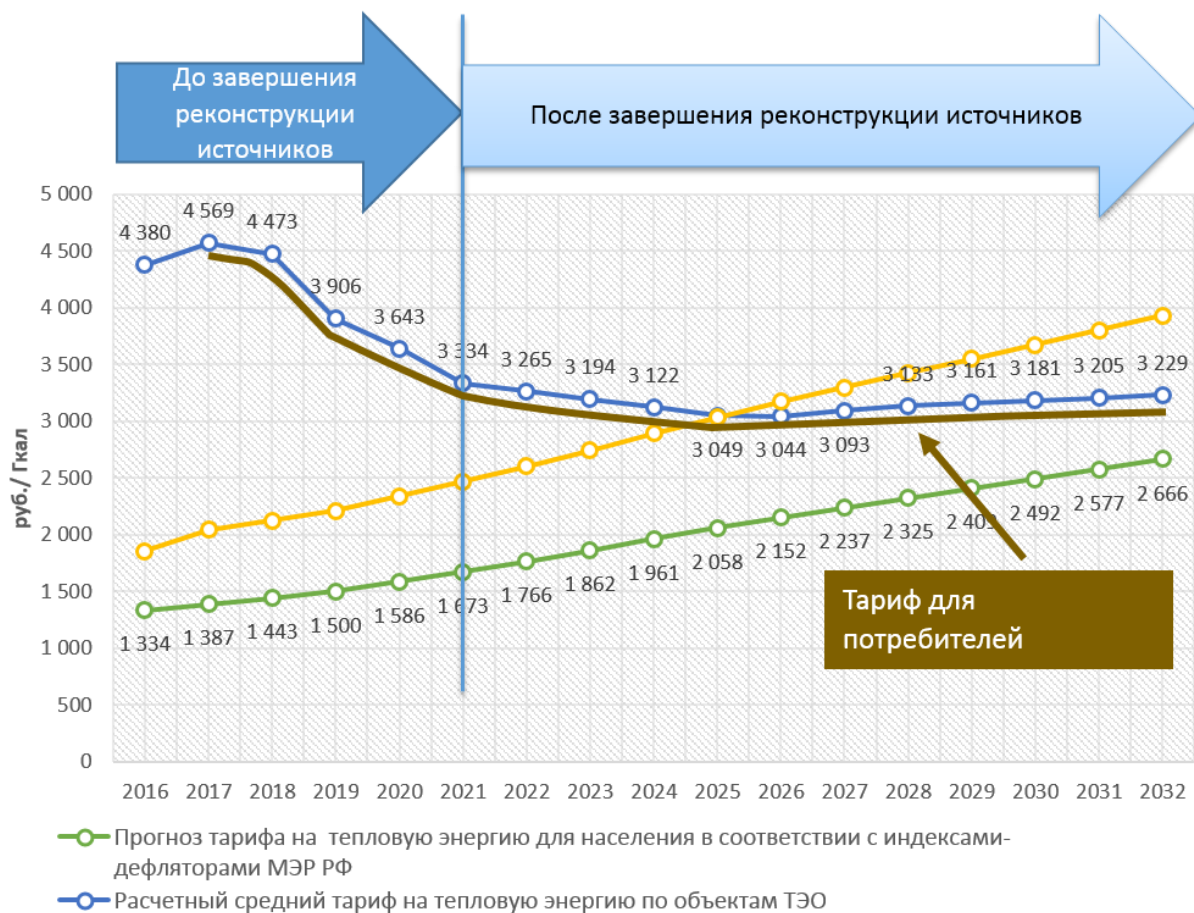


Рис. 8. Расчетные тарифы на тепловую энергию при реализации проекта

На основе анализа нескольких вариантов схем финансирования и организации выполнения мероприятий была предложена схема двухэтапной реализации проекта, которая предполагает передачу на начальном этапе в концессию только источников тепловой энергии. При этом предусмотрено:

- сохранение договоров теплоснабжения с абонентами в зоне осуществления проекта;
- осуществление оптовой покупки тепловой энергии у концессионера по цене, соответствующей реальной стоимости ее производства (рис. 9).

Двухэтапной схемой реализации проекта достигается:

- «сглаживание» цены на тепловую энергию для потребителей на начальном этапе;
- обеспечение достаточного для концессионера уровня доходности инвестированного капитала;

- достижение главной цели проекта — обновление принадлежащих городу генерирующих и сетевых активов системы теплоснабжения.

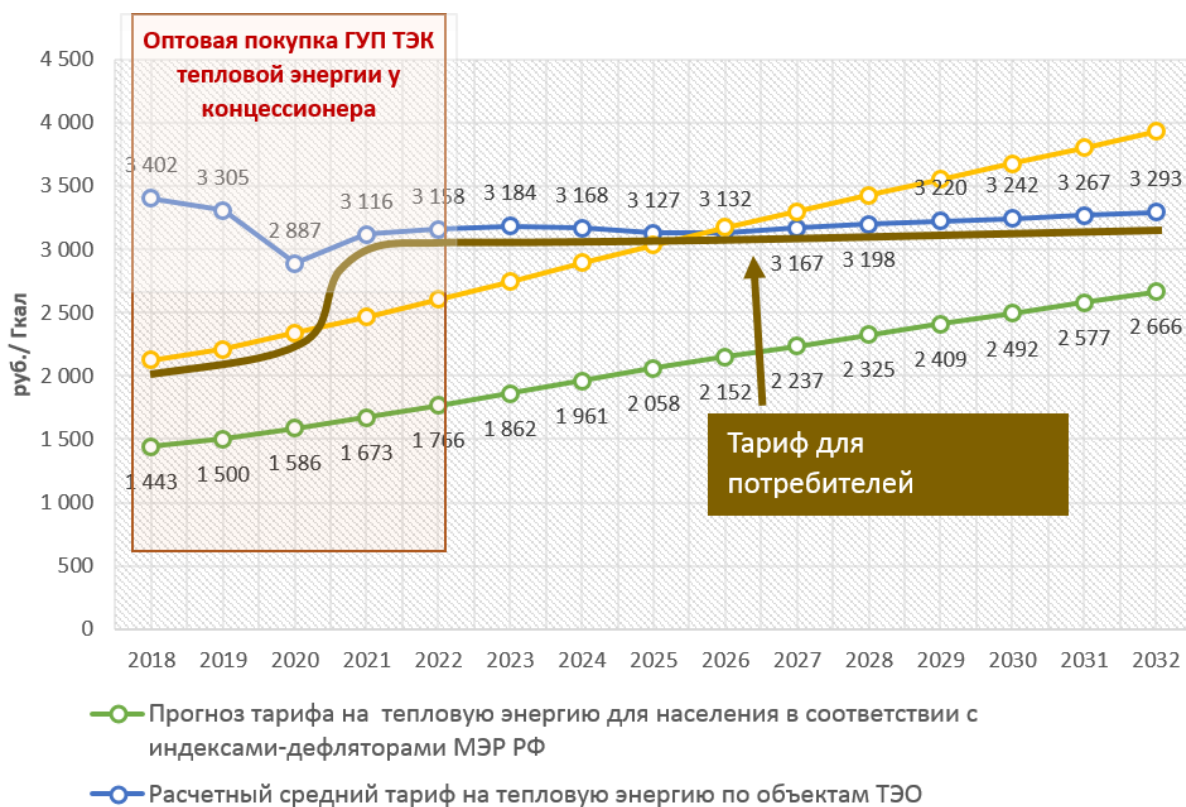


Рис. 9. Расчетные тарифы на тепловую энергию для двухэтапной схемы реализации проекта

## Выводы

1. Для обоснования технических мероприятий в схемах теплоснабжения, программах развития ИЭК и проектах модернизации объектов теплоэнергетики необходимо выполнение ТЭО. ТЭО также является основой для принятия решений по заключению концессионного соглашения. Схема реализации проекта и ее одобрение заинтересованными сторонами во многом обусловлены возможностями совместного анализа вариантов с использованием широкого набора количественных показателей.
2. Разработанные ЭММ позволяют разработчикам схем теплоснабжения и программ развития ИЭК, а также участникам проекта модернизации объектов теплоэнергетики обосновывать предлагаемые технические мероприятия, наглядно отслеживать влияние любых изменений входных параметров модели на результаты проекта. Экономико-математическое моделирование является необходимым инструментом, с помощью которого осуществляется поиск баланса интересов участников проекта, и позволяет потенциальному инвестору принять взвешенное решение о вхождении в проект.

3. ЭММ могут быть положены в основу создания интеллектуальной системы поддержки для обоснованного выбора вариантов развития систем теплоснабжения поселений и городских округов при внедрении перспективных цифровых технологий, в том числе с созданием «искусственного интеллекта».

### **Литература**

1. Доклад заместителя министра энергетики РФ «О реформе теплоснабжения в Российской Федерации», февраль 2017 г.
2. Энергетическая стратегия 2035 (проект) разработана во исполнение поручения Президента Российской Федерации от 6 июля 2013 г.
3. ФЗ 115 «О концессионных соглашениях».
4. Приказ Минэнерго № 461 от 08.07.2015 «Об утверждении схемы теплоснабжения Санкт-Петербурга на период до 2030 г.».
5. Приказ Минэнерго № 1330 от 16.12.2016 «Об утверждении схемы теплоснабжения Санкт-Петербурга на период до 2031 г.».
6. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 21.10.2008 № 1270 «О Программе комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры Санкт-Петербурга до 2015 года».
7. Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении».