

А.М. Протасевич,
к.т.н., проф.
каф. «Теплогасоснабжение
и вентиляция» БНТУ

А.В. Жилко,
первый зам. ген. директора ГПО
по топливу и газификации
«Белтопгаз»

Е.А. Волчек,
ассистент
каф. «Теплогасоснабжение
и вентиляция» БНТУ

ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация

Одним из основных показателей в проектах высотных зданий служит эффективность использования энергоресурсов в обеспечении их функционирования. Обеспечение эксплуатации высотных зданий связано с применением прогрессивных инженерных технологий, в том числе и с использованием природного газа. Работа содержит анализ экономической эффективности инвестирования в строительство крышной и наземной котельных, а также расчет срока их окупаемости. На основании этого делается вывод о целесообразности использования природного газа в высотных зданиях и многофункциональных высотных комплексах.

Summary

The shortage of free areas is the acute problem of all large cities. The construction of high-rise buildings has developed significantly and continues to increase. The effectiveness of energy resources usage for guaranteeing their functionality is one of the basic cores in the projecting of high-rise buildings. Power supply and energy saving in the buildings remain challenges today. The operation of high-rise buildings is provided thanks to advanced engineering technologies, including usage of a natural gas for the heat supply. The preliminary economic value analysis of the heat supply of buildings with the use of a natural gas is executed in this work.

Острой проблемой всех крупных городов мира является проблема нехватки свободных площадей. Все увеличивающиеся потребности в офисных, жилых, общественных помещениях приводят к максимальной концентрации городской застройки и дальнейшему «росту» зданий в высоту. Строительство высотных зданий продолжает развиваться.

Одним из основных показателей в проектах высотных зданий служит эффективность использования энергоресурсов в обеспечении их функционирования. Современные системы отопления, кондиционирования воздуха, вентиляции и водоснабжения позволяют обеспечить комфортные условия пребывания человека. Но проблемы энергообеспечения и энергосбережения в зданиях остаются актуальными и на сегодняшний день.

Обеспечение эксплуатации высотных зданий связано с применением прогрессивных инженерных технологий, в том числе и с использованием природного газа, т.е. с их газоснабжением. Газ может быть использован для коммунального снабжения жилой части зданий, а также в качестве топлива основных и дублирующих источников энергоснабжения. Автономные источники энергоснабжения размещаются как в самих зданиях, так и в отдельно стоящих объектах.

Во многих зарубежных странах нормативными документами не разрешено использование природного газа низкого давления в жилых помещениях, расположенных выше 11-го этажа. Поэтому в практике высотного домостроения газопроводы среднего давления прокладываются для снабжения основных и альтернативных источников энергоснабже-

ния, например, крышных или блочных котельных. Иными словами, для энергоснабжения многофункциональных высотных комплексов, включающих в себя здания различной этажности, возможно использование газа низкого давления в целях газоснабжения блока жилых помещений до 11-ти этажей включительно и газа среднего давления в целях газоснабжения автономных и альтернативных источников энергоснабжения высотной части здания. Примером такого комбинированного использования газа может служить, например, гостиница «Украина» и жилой дом на Кудринской площади в Москве [5].

Нормативная база

Проектирование систем газоснабжения в Республике Беларусь выполняется с использованием ТКП 45-4.03-267-2012 «Газораспределение и газопотребление. Строительные нормы проектирования», утвержденного приказом Минстройархитектуры, а в Российской Федерации – МПБ 12-529-03 «Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления», утвержденных постановлением Госгортехнадзора России. Нормативным документом, регулирующим проектирование котельных, служит пособие П1-03 к СНиП II-35-76 «Котельные установки» «Проектирование автономных и крышных котельных».

Использование природного газа низкого давления в жилых помещениях высотных зданий регламентируется СНБ 3.02.04-03 «Жилые здания» в Республике Беларусь и СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные» в России. Данными документами этажность жилых домов, в которых разрешается установка бытовых газовых приборов, также ограничивается 11 этажами.

Проектирование высотных зданий выполняется по индивидуальным заданиям с обязательным наличием технических условий на проектирование и согласованием всех документов в организациях, осуществляющих транспортирование газа и эксплуатацию газового оборудования, и в органах Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь в индивидуальном порядке для каждого объекта.

Однако согласно пунктам 4.5 и 4.6 пособия П1-03 к СНиП II-35-76 устройство автоматизированных пристроенных и крышных котельных допускается для жилых, общественных, административных и бытовых зданий высотой не более 26,5 метров. Таким образом, строительство крышных котельных для высотных зданий в Республике Беларусь пока проблематично.

Проблемы газоснабжения высотных зданий

Ввиду отсутствия в Беларуси практики газоснабжения высотных зданий, следует использовать опыт, накопленный при строительстве и эксплуатации зданий повышенной этажности.

При использовании природного газа должны быть соблюдены требования безопасной эксплуатации установок, потребляющих его, всех газовых сетей, устройств и сооружений. Основой безопасности высотных зданий являются меры, предотвращающие образование и накопление взрывоопасной газозвушной смеси, непрерывный контроль среды и своевременное обнаружение и ликвидация образования такой смеси уже при достижении концентрации 10% от нижнего предела взрываемости.

Согласно ТКП 45-3.02-108-208 «Высотные здания. Строительные нормы проектирования» высотным принято считать жилое здание высотой более 75 м (25 этажей) или многофункциональный комплекс высотой 50...200 м и выше.

Одним из направлений использования природного газа является устройство многоквартирного теплоснабжения. По данным Государственного производственного объединения по топливу и газификации «Белтопгаз», газификация жилых домов с многоквартирным теплоснабжением в Беларуси была начата с 1999 года. Для этой цели применены оборудование марок BOSCH, VIESSMAN, ARISTON, IMMERGAS, BERETTA, «Альфа-Калор», GEFEST и др.

При использовании указанного оборудования существует ряд проблем, связанных с безопасностью эксплуатации. К ним относятся:

- устройство дымовых каналов, не исключая образование в них конденсата;
- бесперебойное обеспечение электроэнергией;
- отсутствие сигнализаторов загазованности в каждой квартире;
- возможность отключения каждой квартиры от внутридомовой системы газоснабжения с помощью отключающего устройства, расположенного вне помещения квартиры;
- отсутствие в дымовых и вентиляционных каналах сигнализаторов тяги;
- отсутствие коллективной очистки воды от механических и химических примесей,

обеспечивающей исключение образования накипи;

- отсутствие собственных сервисных служб.

Обязательное решение некоторых из этих проблем, например, установка сигнализаторов загазованности в помещениях, предусмотрено введением ТКП 45-4.03-267-2012 «Газораспределение и газопотребление. Строительные нормы проектирования».

Широкое внедрение поквартирного теплоснабжения жилых домов, в том числе высотных, связано с большим разнообразием находящихся в эксплуатации технических устройств, что создает объективные трудности в осуществлении их обслуживания силами газоснабжающей организации. Помимо неизбежного увеличения штата, затрат на непрерывное обучение и переобучение персонала, дополнительно возникает необходимость в широкой номенклатуре запасных частей с разной степенью востребованности и проблем с их поставкой, а также в выполнении регламентных работ, выходящих за рамки основной компетенции персонала (измерение напряжения и проверка электрозачитки, периодическая промывка теплообменников), выполнения ремонтных заявок в теплотехнической и электрической части газовых котлов.

В качестве автономных источников энерго- и холодоснабжения многофункциональных высотных комплексов, кроме автономных крышных и блочных котельных, могут использоваться когенерационные и тригенерационные установки, топливные элементы и газотурбинные установки на природном газе. [6, 7, 8, 9].

Сравнение экономической эффективности крышной и наземной котельной

Анализ данного направления использования природного газа, из-за отсутствия прецедента высотного строительства с крышными котельными, выполнен по результатам проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ жилых зданий повышенной этажности в г. Минске.

Строительной компанией СЗАО «ЛадаГарант» было запланировано строительство жилых зданий повышенной этажности с крышными котельными в квартале ул. Разинская – ул. Щорса – 3-й Железнодорожный переулок. Размещение крышной котельной планировалось в здании высотой более 60 метров. На этом основании со ссылкой на пп. 4.5 и 4.6. пособия П1-03 к СНиП II-35-76 управлением МЧС было отказано в выдаче технических условий по пожарной безопасности на газоснабжение крышной котельной. ▶

Рис. 1. Схема теплоснабжения группы зданий от наземной котельной



В связи с невозможностью организации теплоснабжения от крышной котельной было принято решение о реконструкции существующей наземной котельной (для обеспечения тепловой проектируемых зданий повышенной этажности). Наземная котельная должна обеспечивать теплотой существующих потребителей (школу и административные здания), а также дополнительно три жилых дома (рис.1).

Технико-экономические расчеты проекта реконструкции наземной котельной использованы в данной работе для выполнения предварительного анализа экономической эффективности теплоснабжения зданий с использованием природного газа. Рассмотрены два варианта:

1 – сравнение крышной котельной здания №14 и наземной котельной аналогичной тепловой мощности;

2 – сравнение крышной и наземной котельных, предназначенных для обслуживания зданий №№14, 17 и 19.

Суммарная максимальная присоединенная тепловая нагрузка проектируемой котельной для всех существующих и строящихся потребителей составляет $Q_{\Sigma} = 4,472$ Гкал/ч. Общая сметная стоимость котельной в ценах 2012 г. составляет 3 221 385 тыс. руб. В том числе:

строительно-монтажные работы – 1 552 029 тыс. руб.,
 оборудование – 1 043 824 тыс. руб.,
 прочие – 625 532 тыс. руб.

Тогда удельные капиталовложения «К» равны:

$$K = \frac{3221385}{4,472} = 720345,5 \text{ тыс. руб./Гкал/ч.}$$

При тепловой нагрузке жилого дома №14 – 0,791 Гкал/ч, примерная стоимость крышной котельной для него оценивается в

$$K_{кр} = 720345,5 \cdot 0,791 = 569793 \text{ тыс. руб.}$$

Учитывая поправочный коэффициент на условия высотного строительства 1,15, об-

щие капитальные вложения в крышную котельную составят:

$$K_{кр} = 569793 \cdot 1,15 = 655262 \text{ тыс. руб.}$$

Общие капиталовложения в наземную котельную аналогичной тепловой мощности составят 1 253 645 тыс. руб. В том числе: строительство – 569 793 тыс. руб., стоимость земельного участка – 32 852 тыс. руб., прокладка тепловых сетей – 651 000 тыс. руб.

Затраты на наземную котельную будут почти в 2 раза выше стоимости крышной котельной.

Сравнительный экономический расчет срока окупаемости крышной и наземной котельной

Эффективность использования капиталовложений можно оценить, применяя показатель сравнительного срока окупаемости:

$$T_{ср} = \frac{K_{кр} - K_{н}}{I_{кр} - I_{н}} = \frac{\Delta K}{\Delta I}, \text{ год,}$$

где $K_{кр}$, $K_{н}$ – единовременные капиталовложения соответственно крышной котельной и наземной котельной без учета кадастровой стоимости земли и прокладки трубопроводов, тыс. руб.,

$I_{кр}$, $I_{н}$ – ежегодные эксплуатационные издержки соответственно крышной и наземной котельных, тыс. руб./год.

Эксплуатационные издержки принимаем в размере 0,2...0,3 единовременных капи-

таловложений. Дополнительно, в связи со сложными условиями эксплуатации для крышной котельной введен поправочный коэффициент в размере 20%.

Эксплуатационные издержки крышной котельной составят:

$$I_{кр} = (655262 \cdot 0,25) \cdot 1,2 = 196578,6 \text{ тыс. руб./год,}$$

а эксплуатационные издержки наземной котельной будут равны:

$$I_{н} = (720345,5 \cdot 0,791) \cdot 0,25 = 142448,3 \text{ тыс. руб./год.}$$

Сравнительный срок окупаемости капитальных вложений в крышную котельную по сравнению с наземной котельной одинаковой производственной мощности будет следующим:

$$T_{ср} = \frac{655262 - 569793}{196578,6 - 142448,3} = 1,58 \text{ года,}$$

что ниже нормативного срока окупаемости предприятий энергетического комплекса, который составляет $T_{н} = 5$ лет.

Таким образом, хотя инвестирование в крышную котельную по сравнению с наземной не дает экономии годовых эксплуатационных расходов, единовременные капиталовложения в нее будут существенно ниже.

Сравнительный экономический расчет крышной и наземной котельной, обслуживающей все проектируемые здания, по второму варианту выполнен по той же методике.

Расход теплоты на все проектируемые здания (№№14,17 и 19) равняется 2,992 Гкал/ч. Примерная стоимость крышной котельной для них равна:

$$K_{кр} = 720345,5 \cdot 2,992 = 2155274 \text{ тыс. руб.}$$

Учитывая условия повышенной этажности, введен поправочный коэффициент 1,15. Также необходимо учесть прокладку тепловых сетей от здания к зданию. Следовательно, общие капиталовложения крышной котельной будут следующие:

$$K_{кр} = 2155274 \cdot 1,15 + 1085000 = 3563565 \text{ тыс. руб.}$$

Общие капиталовложения наземной котельной аналогичной тепловой мощности составят 3 360 063 тыс. руб. В том числе:

Оборудование, строительство – 2 155 274 тыс. руб.,
 стоимость земельного участка – 119 789 тыс. руб.,
 прокладка тепловых сетей – 1 085 000 тыс. руб.

Суммарные капиталовложения в строительство наземной котельной для проектируемых потребителей ниже стоимости крышной котельной аналогичной тепловой мощности (3 563 565 тыс. руб.).

Показатель сравнительного срока окупаемости котельных будет равен $T_{ср} = 1,0$ году, что ниже нормативного срока оку-

Положительным эффектом эксплуатации газовых систем и оборудования будет уменьшение вредного воздействия на окружающую среду.

паемости предприятий энергетического комплекса, который составляет $T_n = 5$ лет.

Приведенный анализ не является исчерпывающим. Необходимы дополнительные исследования условий эксплуатации и обслуживания котельных и газового оборудования высотных зданий, уточнения по разработке проектной и сметной документации и т.д.

Использование в высотных зданиях энергосберегающих технологий на базе природного газа потребует увеличения инвестиций в их строительство и эксплуатацию. Кроме того, необходимо будет пересмотреть существующие подходы в вопросах эксплуатации газовых систем и оборудования. Однозначно положительным эффектом их применения будет уменьшение вредного воздействия на окружающую среду.

Выводы

Использование природного газа в высотных зданиях и многофункциональных высотных комплексах возможно при зонировании их по высоте и применении следующих технологий:

– поквартирного отопления до 11 этажа включительно в зоне малой этажности;

– систем газоснабжения среднего давления для крышных или автономных источников энергоснабжения;

– когенерационных, тригенерационных систем, микротурбинных установок или топливных элементов для энергоснабжения.

Литература

1. Технический кодекс установившейся практики ТКП 45-4.03-267-2012. «Газораспределение и газопотребление. Строительные нормы проектирования». – Минск, Минстройархитектуры, 2012. – 97 с.
2. СНБ 3.02.04-03. «Жилые здания». – Минск, 2003. – 22 с.
3. СНиП 31-01-2003. «Здания жилые многоквартирные». – М., 2003. – 37 с.
4. Пособие к строительным нормам и правилам П1-03 к СНиП II-35-76 «Котельные установки». Проектирование автономных и крышных котельных. – Минск, 2004. – 36 с.

5. Особенности проектирования жилых и общественных зданий высотой более 75 метров. // Сборник материалов "Городская конференция-выставка "Уникальные и специальные технологии в строительстве". – Екатеринбург, 2008.

6. Иноземцев А.А., Васильев А.А., Шубин И.Н., Сементин А.Н., Сулимов Д.Д., Костюченко А.Е. Использование газотурбинных технологий. Эффективное использование топлива и энергосбережение при производстве электроэнергии и тепла за счет использования газотурбинных технологий // Энергосбережение. – 2001. – №2.

7. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоснабжение высотного здания с использованием топливных элементов // АВОК. – 2003. – №3. – С. 44.

8. Автономная котельная – новый способ использования микротурбин в существующей системе энергоснабжения котельной // Gasunie Engineering & Technology. – 2006. – 17 января. – С. 3.

9. Тригенерация. В треугольнике энергетическом. // Компания «ИВИК-ЮГ», Одесса, 2009. – 29 января. ■