

В.Н. НИКИФОРОВ – доцент, член-корр. АИИ имени А.М.Прохорова
МГУ им. М.В.Ломоносова, кафедра физики низких температур и сверхпроводимости
Москва, Российская Федерация, E-mail: nvn@lt.phys.msu.ru
Г.И. ШЕВЕЛЕВА – генеральный директор, Инженерное бюро «КИМ-Ш» (Engex®)
Москва, Российская Федерация, E-mail: sheveleva@engex.com
А.В. НИКИФОРОВ – директор, Лаборатория инженерных инноваций Engex Lab.®
Москва, Российская Федерация, E-mail: nikiforov@engex.com

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСОБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ «ЗЕЛЕННЫХ» ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

В данной статье представлен опыт проектирования инновационных инженерных систем на проекте 5-ти звездочного отеля Kempinski в Москве. Проект реконструкции здания оказался примером адаптации старинного здания под суперсовременный отель с новейшим инженерным обеспечением. Задача достижения высочайшего комфорта при максимальном энергосбережении оказалась сложной. Возможности обеспечения вновь строящегося или реконструируемого здания центре Москвы теплом и электроэнергией ограничены. Приходится находить более гибкие, синергетические решения на стыке инженерии и архитектуры, а так же наглядно демонстрировать инвесторам влияние применения тех или иных технологий на инвестиционные показатели проекта. В данном проекте запроектированы системы вентиляции с эффективной утилизацией тепла выбросного воздуха, с применением роторных рекуператоров. Значительную экономию энергоресурсов обеспечивает применение вытеснительной

вентиляции, которая особенно эффективна для помещений большой высоты. В части кондиционирования, в проекте вместо распространенных в России и Европе схем с применением фанкойлов в качестве охладителей воздуха, применены эжекционные доводчики – охлаждающие балки. В настоящее время стоит непростой вопрос экономической обоснованности инвестирования в «зеленые» проекты. На первый взгляд такие проекты требуют более высоких капитальных затрат, а доходность инвестиций в зеленые технологии не всегда очевидна. Кроме того, задача проектирования экологичного и энергоэффективного здания требует других подходов, чем проектирование обычных зданий. Приводятся выкладки из математической модели, подтверждающие финансовую эффективность данных решений.

Ключевые слова: инженерные системы, энергетическая эффективность, строительство.

V.N. NIKIFOROV – Associate Professor, corresponding member of A.M. Prokhorov Academy of Engineering Sciences
Moscow State University, University, Department of Low Temperature Physics and Superconductivity
Moscow, Russian Federation, E-mail: nvn@lt.phys.msu.ru
G.I. SHEVELEVA – General Manager, Engineering Bureau «KIM-SH» (Engex®)
Moscow, Russian Federation, E-mail: sheveleva@engex.com
A.V. NIKIFOROV – Headmaster, Laboratory of Engineering Innovation Engex Lab.®
Moscow, Russian Federation, E-mail: nikiforov@engex.com

ECONOMIC EXPEDIENCY OF APPLICATION OF «GREEN» ENGINEERING TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF VENTILATION AND AIR-CONDITIONING

This article presents the experience of designing innovative systems engineering to project the 5-star Kempinski Hotel in Moscow. This reconstruction project was an example of adaptation of an old building under the art hotel with the latest engineering software. The achieving the highest comfort with maximum energy savings has proven difficultly. Possibility of providing newly constructed or reconstructed buildings downtown Moscow heat and power are limited. We have to find a more flexible, synergistic solutions at the intersection of engineering and architecture, as well as demonstrate the impact of the application of those investors or other technologies to the investment performance of the project. In this project are designed the ventilation system with efficient heat recovery from exhaust air, with the use of rotary heat exchangers. Significant energy savings provides the

use of displacement ventilation, which is particularly effective in high altitude areas. In contrary to projects, wide spread in Russia and Europe, with circuits using fan coils as air coolers, applied ejection closers – chilled beams. Now it is not a trivial question of economic feasibility of investing in «green» projects. At first glance, these projects require higher capital costs, and return on investment in green technology is not always obvious. In addition, the task of designing environmentally friendly and energy efficient building requires a different approach than designing conventional buildings. We present calculations of the mathematical model to prove the cost-effectiveness of these solutions.

Key words: engineering systems, energetic effectiveness, buildings.

Введение

По данным американской ассоциации зеленого строительства USGBC на долю строительного сектора приходится до 40% потребления вырабатываемой энергии. Развитие зеленой строительной индустрии в США и Европе набирает все более стремительный темп, при этом российский рынок только начинает

вливаться в глобальную тенденцию экологического строительства. Перед участниками рынка стоит непростой вопрос экономической обоснованности инвестирования в «зеленые» проекты. На первый взгляд такие проекты требуют более высоких капитальных затрат, а доходность инвестиций в зеленые технологии не всегда очевидна. Кроме того, задача проектирования экологичного и энергоэффективного здания тре-

бует других подходов, чем проектирование обычных зданий. В частности, возрастает влияние инженерных решений на конечный результат, а так же усложняется процесс совместной работы архитекторов и инженеров над проектом. Таким образом, для формирования рынка «зеленого» строительства в России, российским проектным компаниям приходится находить более гибкие, синергетические решения на стыке инженерии и архитектуры, а так же наглядно демонстрировать инвесторам влияние применения тех или иных технологий на инвестиционные показатели проекта.

Проблемы при проектировании инженерных систем 5-ти звездочного отеля Кемпински в Москве

В данной статье мы поделимся опытом проектирования инновационных инженерных систем на проекте 5-ти звездочного отеля Кемпински в Москве, а так же приведем некоторые выкладки из математической модели, подтверждающие эффективность данных решений. Проект реконструкции здания, о котором пойдет речь, оказался интересным примером адаптации старинного здания под суперсовременный отель с новейшим инженерным обеспечением. Перед командой проекта стояла задача достижения высочайшего комфорта при максимальном энергосбережении. Возможности обеспечения вновь строящегося или реконструируемого здания центре Москвы теплом и электроэнергией ограничены. Есть сложности с наличием доступных точек присоединения и возможностями транспортирующих сетей. Отпуск энергоресурсов достаточно дорог, и получить требуемое количество энергии крайне сложно без получения обременений по реконструкции существующих энергоснабжающих систем города. Условия застройки в центре Москвы в большинстве случаев не позволяют использовать возобновляемые источники энергии, в виду отсутствия достаточных площадей для размещения солнечных батарей, ветряков, скважин и теплообменников геотермальных тепловых насосов. Основной возможностью для сокращения энергетических затрат на проекте отеля Кемпински стало применение инновационных решений систем вентиляции и кондиционирования воздуха, а также интеллектуальная автоматизация этих систем.

Если говорить по существу о технологиях, то в данном проекте мы запроектировали системы вентиляции с эффективной утилизацией тепла выбросного воздуха, с применением роторных рекуператоров (рис 1). Данные системы утилизации тепла позволяют утилизировать свыше 80% энергии вытяжного воздуха, и использовать ее на подогрев приточного воздуха, таким образом, значительно сократив потребность в тепле на системы вентиляции.

Для того, чтобы не терять тепло на вытяжных системах с «грязным» воздухом (санузлы, прачечные), где не допустимо смешение «грязного» и чистого воздуха и где неприменим роторный рекуператор, используются отдельные гликолевые рекуператоры.

Тепло, снимаемое с конденсаторов холодильных машин в летний период времени утилизируется с помощью пластинчатых теплообменников, попутно нагревая водопроводную воду, – и подается как на первую ступень ГВС, так и в накопительный бойлер. Нагретая с помощью утилизации вода в бойлере используется на нагрев 10% смены воды в бассейне и на нужды ГВС.

Важно отметить, что в России и северных районах Европы доказали свою эффективность роторные рекуператоры утилизации тепла вытяжного воздуха, специально разработанные для северных широт. «Ноу-хау» самой конструкции рекуператора и использование эффективной автоматики защиты от замораживания при низких температурах, позволяет работать таким рекуператорам при понижении температуры окружающей среды вплоть до -40°C

Значительную экономию энергоресурсов обеспечивает применение вытеснительной вентиляции. Вытеснительная вентиляция особенно эффективна для помещений большой высоты, в нашем примере, данное решение применено во всех вестибюлях отеля. Путем подачи воздуха в рабочую зону – зону нахождения людей и увеличения температурного градиента, воздухообмен в помещении снижается в два и более раз, соответственно снижаются расходы на нагрев приточного воздуха и мощности вентсистем. Вентиляция вытеснения достигается применением специальных низкоскоростных воздухораспределителей.

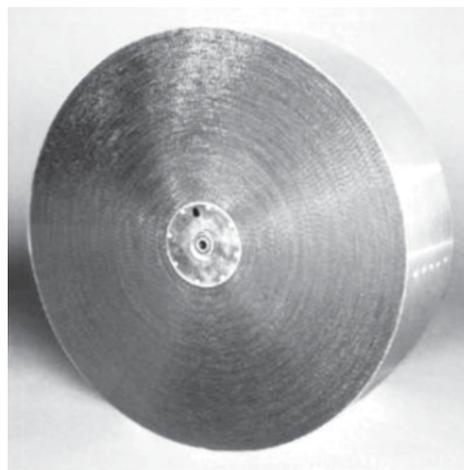


РИС. 1 Роторный рекуператор

телей, обеспечивающих ламинарность потоков воздуха и малую подвижность воздуха в рабочей зоне.

В части кондиционирования, в нашем проекте вместо распространенных в России и Европе схем с применением фанкойлов в качестве охладителей воздуха, применили эжекционные доводчики – охлаждающие балки (ОБ). Применение ОБ обеспечивает максимальный комфорт и энергосбережение. Данные устройства работают как в режимах «охлаждение», так и в режиме «нагрев». Система кондиционирования на базе охлаждающих балок, имеет ряд преимуществ перед другими системами. Для охлаждения воздуха в ОБ используется высокотемпературный хладоноситель, что позволяет избежать образование конденсата и сократить энергетические затраты на его образование. Отсутствие вентиляторов позволяет сэкономить значительное количество электроэнергии, что особенно ощутимо, если решение применяется для всего здания. Преимуществом инжекционных доводчиков является сверхнизкий уровень шума и гигиеничность – в них отсутствуют фильтры, в которых накапливается пыль и могут активно размножаться бактерии. Отсутствие конденсата, уменьшает налипание пыли и грязи на поверхности ОБ, соприкасающейся с приточным воздухом.

Основными плюсами такого решения являются:

- низкий уровень шума
- отсутствие сквозняка

- индивидуальное управление температурой и расходом воздуха

- долгий срок службы

- высокая энергоэффективность

Описанные выше инженерные решения позволили реализовать следующие функции:

- воздух следует за потребителем
- включение систем вентиляции и воздушного отопления административной части здания осуществляется за час до начала работы. Выключение систем – с окончанием работы функциональных зон
- использование естественного холода наружного воздуха для охлаждения здания в зимний и переходный период
- «переброс» тепла из теплонапряженных зон здания в теплопотребляющие,
- сокращение воздухообмена и снижение энергопотребление систем вентиляции и кондиционирования за счет применения датчиков присутствия
- использование тепла, сбрасываемого холодильным оборудованием для нужд ГВС

Система автоматизации инженерных систем здания позволяет управлять отдельными зонами здания отдельно, что обеспечивает экономичный режим работы примененных в здании систем (рис. 2). Все инженерные здания интегрированы с системой управления отелом и выведены на пульт диспетчерской службы.

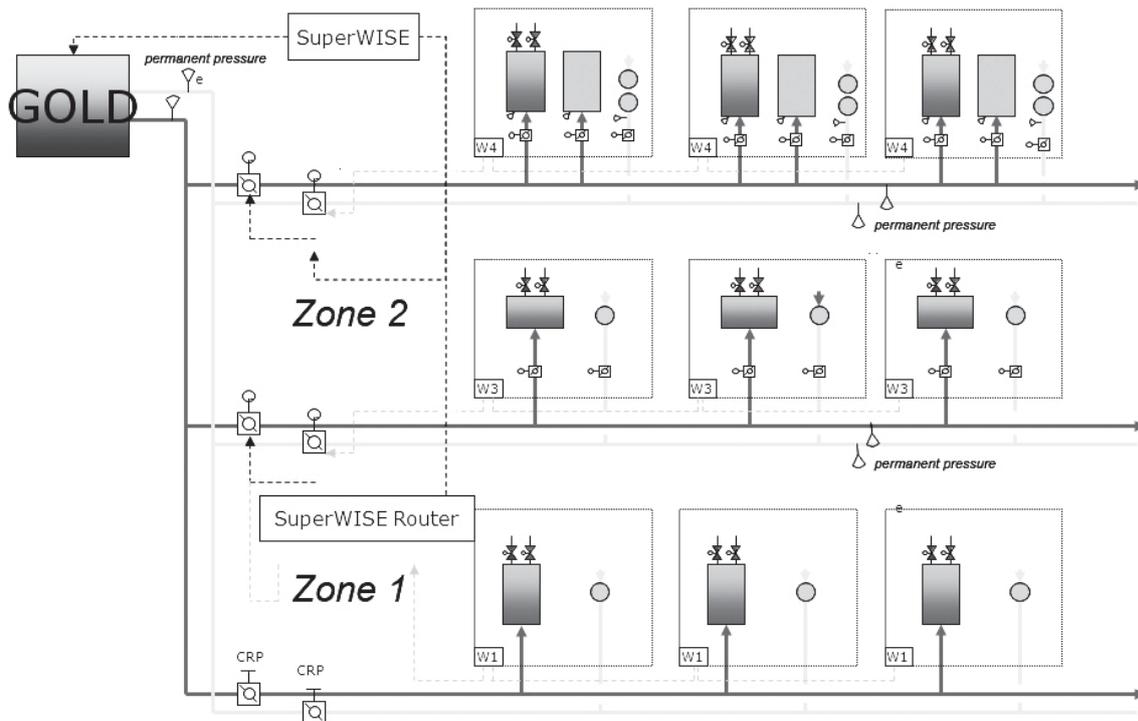


РИС. 2 Зональная система автоматизации

Расчет экономической целесообразности принятия и использования «зеленых» технологий

Проблема энергоэффективности требует комплексного подхода, и несомненно, каждое решение должно быть оценено экономической с точки зрения. Например, в некоторых случаях можно увеличить полезную площадь здания за счет применения компактных вентиляционных установок. Увеличение коэффициента полезных площадей это серьезный аргумент в пользу более дорогого, но компактного оборудования, но это необходимо показать в цифрах. Вопрос экономической целесообразности применения тех или иных технологий в данном проекте был нами детально проработан. Например, для того, что бы инвестор мог принять взвешенное решение относительно экономической целесообразности применения ОБ, которые дороже фанкойлов в капитальных затратах, нами был подготовлен расчет финансовых показателей. Из графика ниже (рис. 3), мы видим, что окупаемость инвестиций в такое решение, составляет двенадцать с небольшим лет, *NPV* проекта 84,7 тысячи евро, а *IRR* 10% при ставке дисконтирования (*discount rate*) 5%. В качестве исходящего денежного потока в 1-й период взята разница в капитальных затратах при покупке фанкойлов и ОБ. В капитальных затратах кроме стоимости самих фанкойлов, также учтено получение дополнительных лимитов на присоединение к электрическим сетям, связанных с необходимостью обеспечить питание электродвигателей фанкойлов, монтаж дренажных трубопроводов и воздухораспределители, то есть того, в чем нет необходимости при применении холодных балок. Положительный денежный поток будущих периодов представляет собой положительную разницу в стоимости эксплуатации данных решений. В стоимости эксплуатации фанкойлов учтены очистка дренажной системы и ежегодная замена фильтров, а так же вероятный мелкий ремонт электродвигателей.

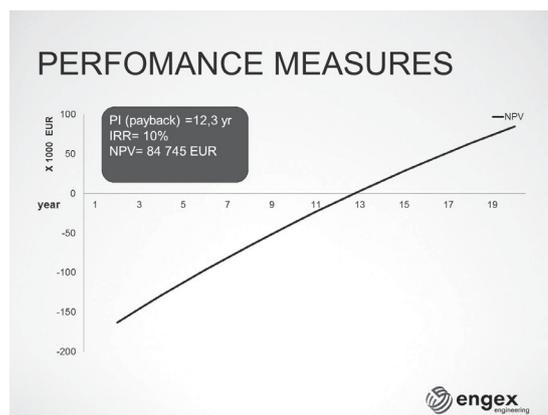


РИС. 3 Финансовая модель

Вывод

Развитие российского рынка экологического строительства в значительной мере зависит от готовности инвесторов вкладывать деньги в энергоэффективные «зеленые» проекты. С одной стороны для таких вложений есть ряд фундаментальных факторов, например рост цен на электроэнергию и положительная динамика роста арендных ставок в «зеленых» зданиях. С другой стороны, сегодня в России представлены практически все основные производители инженерных технологий и у проектировщиков есть доступ к самым новейшим технологиям, но, не смотря на это, до сих пор можно сосчитать по пальцам российские проекты сертифицированные по *LEED* или *BREEAM*. На момент написания статьи действующих зданий, сертифицированных по *LEED* в России только семь. В этой ситуации на наш взгляд особенно важно распространение успешного опыта применения энергосберегающих инженерных технологий, а так же успешные примеры интеграции инженерии и архитектуры как на объектах нового строительства, так и при реконструкции. Финансовый анализ всех применяемых решений, был не столь востребован при строительстве обычных зданий, но становится абсолютно необходимым в «зеленом» строительстве.

Сведения об авторах

Никифоров Владимир Николаевич
доцент, член-корр. АИИ имени А.М.Прохорова
МГУ им. М.В.Ломоносова
кафедра физики низких температур и сверхпроводимости
119991, Москва, Российская Федерация, Ленинские горы, 1, стр. 2, ГСП-2
E-mail: nvn@lt.phys.msu.ru
Шевелева Галина Исаевна
генеральный директор, инженерное бюро «КИМ-Ш» (Engex®)
127015, Москва, Российская Федерация, Б. Новодмитровская, 12
E-mail: sheveleva@engex.com
Никифоров Александр Владимирович
директор, Лаборатория инженерных инноваций Engex Lab.®
127015, Москва, Российская Федерация, Б. Новодмитровская, 12
E-mail: nikiforov@engex.com

Information about the authors

Nikiforov Vladimir Nikolaevich
Associate Professor, corresponding member of A.M. Prokhorov Academy of Engineering Sciences, Moscow State University, Department of Low Temperature Physics and Superconductivity
119991, Moscow, Russian Federation, Lenin Hills, 1, b. 2, GSP-2
E-mail: nvn@lt.phys.msu.ru
Sheveleva Galina Isaevna
General Manager, Engineering Bureau «KIM-SH» (Engex®)
127015, Moscow, Russian Federation, B. Novodmitrovskaya, 12
E-mail: sheveleva@engex.com
Nikiforov Alexander Vladimirovich
Headmaster, Laboratory of Engineering Innovation Engex Lab.®
127015, Moscow, Russian Federation, B. Novodmitrovskaya, 12
E-mail: nikiforov@engex.com