

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗИМНЕГО САДА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Лобикова Надежда Васильевна

Белорусско-Российский университет, Республика Беларусь, 212030, г. Могилев, пр-т Мира, 43, E-mail: nadya.lobickova@yandex.ru, +375 33 6281192, студентка, строительный факультет, группа ПГС-141.

Лобикова Ольга Михайловна

Белорусско-Российский университет, Республика Беларусь, 212030, г. Могилев, пр-т Мира, 43, E-mail: olg.lobikova@yandex.ru, +375 33 6288373, старший преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство».

Научный руководитель: Галужин Сергей Данилович

Белорусско-Российский университет, Республика Беларусь, 212030, г. Могилев, пр-т Мира, 43, E-mail: : serg.galujin@yandex.ru, +375 29 740 39 48, кандидат технических наук, доцент, действительный член Белорусской инженерной академии, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности».

Определены основные проблемы развития микрорайона. Разработан перечень мероприятий для повышения качества жизни горожан. Рассмотрена возможность проектирования одного из элементов микрорайона города – зимнего сада. Разработаны подходы к проектированию систем для обеспечения микроклимата в зимнем саду с минимальными затратами. Предложена методика оценки эффективности применения рекуператоров в системах вентиляции с учетом потерь энергии из-за увеличения аэродинамического сопротивления вентиляционной системы при установке рекуператора. Доказано, что применение рекуператоров в системе вентиляции является экономически выгодным.



Ключевые слова: микрорайон города, система вентиляции, рекуператор, энергосбережение, устойчивое развитие.

METHODICAL APPROACH TO DESIGN OF VINYLING SYSTEM OF WINTER GARDEN IN FORMATION OF CITY ENVIRONMENT ELEMENTS

Lobikava Nadzeya Vasiliyeuna

Belarusian-Russian University, Republic of Belarus, 212030, Mogilev, 43 Miera Avenue, E-mail: nadya.lobickova@yandex.ru, student, building faculty, group PGS-141.

Lobikava Volha Mihaylauna

Belarusian-Russian University, Republic of Belarus, 212030, Mogilev, 43, Miera Avenue, E-mail: olg.lobikova@yandex.ru, Senior Lecturer, Department of «Industrial and Civil Engineering».

Scientific supervisor: Galyuzhin Sergey Danilovich

Belarusian-Russian University, Republic of Belarus, 212030, Mogilev, 43, Miera Avenue, E-mail: serg.galujin@yandex.ru, +375 29 740 39 48, candidate of technical sciences, associate professor, full member of the Belarusian Engineering Academy, Associate Professor, Department of «Safety of Life».

The main problems of development of the microdistrict are determined. The list of measures for improving the quality of life of the citizens has been developed. The possibility of designing one of the elements of the formation of the city's microdistrict - the winter garden is considered. Approaches to designing systems for maintenance of a microclimate in a winter garden with minimal expenses are developed. The technique of estimation of efficiency of application of recuperators in ventilation systems with allowance for energy losses due to increase of aerodynamic resistance of ventilation system at installation of a recuperator is offered. It is proved that the use of recuperators in the ventilation system is economically viable.



Keywords: city district, ventilation system, recuperator, energy saving, sustainable development.

Вопросам устойчивого развития и благоустройства городов уделяется в настоящее время особое внимание. Основным принципом, учитываемым при проектировании городской среды является повышение качества жизни жителей без ущерба для окружающей среды. Реализация указанного подхода осуществляется путем строительства энергоэффективных зданий, использования энергосберегающих технологий, применения экологических материалов, уменьшение производства и вторичная переработка отходов, минимизация потребности в автомобильном транспорте, создание зеленых зон отдыха горожан [1]. Перечисленные мероприятия планомерно реализуются при проектировании и строительстве новых районов города. При этом возникают проблемы при реорганизации существующих старых районов городов, сформированных в советский период при иных требованиях к организации городской среды и отсутствии современных технологий.

Исследуются особенности формирования городской среды микрорайона «Юбилейный» г. Могилева, областного центра Республики Беларусь. Микрорайон сформировался в 60-х–80-х годах прошлого века и является типичным для белорусских городов советского периода.

В процессе исследования микрорайон города рассматривался как сложная система, являющаяся отражением деятельности общества и включающая множество взаимодействующих компонентов. При изучении городской среды был сделан вывод, что последние десятилетия наблюдаются положительные тенденции в развитии Могилева. Однако развитие данного района города не в полной мере соответствует необходимым требованиям устойчивости, с учетом темпов современных изменений города. Существуют проблемы, связанные с отсутствием достаточного количества зеленых экологических зон отдыха горожан, не удовлетворяется потребность в элементах инфраструктуры для различных возрастных категорий жителей микрорайона, есть проблемы с качеством коммунального обслуживания, не достигнуты требуемые характеристики энергоэффективности зданий. Проведенные социологические исследования



ния выявили потребности жителей по реорганизации и развитию микрорайона. С целью устойчивого развития микрорайона разработан перечень мероприятий для улучшения качества жизни населения [2]. После экспертной оценки предложенных проектов и изучения возможностей финансирования были выбраны наиболее перспективные проекты и разработана схема модернизации микрорайона «Юбилейный», включающая следующие основные элементы: скейт парк, общественные сады, индивидуальные сады, места для занятий спортом пожилых жителей, кафе, амфитеатр. Финансирование проекта предполагается осуществлять за счет привлечения средств частных инвесторов. Также для снижения стоимости работ рассматривается возможность использования на общественных работах жителей микрорайона и привлечение учащихся средней школы и летней практики.

Один из предложенных проектов – открытие кафе в существующем неиспользуемом здании с пристройкой с тыльной стороны – остекленный павильон 50 м², в котором будет расположен зимний сад для отдыха жителей микрорайона. Предполагается, что данный объект станет местом комфортного отдыха горожан независимо от времени года и прогноза погоды. Для того, чтобы проект стал успешным, необходимо уделить внимание вопросам обеспечения микроклимата в зимнем саду. Рассмотрим данный вопрос более подробно. Свежий чистый воздух является необходимым элементом для роста и развития растений и для комфортного пребывания людей в помещении. Нормируемыми показателями воздуха помещения являются: температура, влажность, состав, скорость движения. Оптимальной температурой воздуха в зимнем саду считаем 18 – 22 °С, при относительной влажности – 40 – 60%.

При проектировании сделан акцент на следующие вопросы:

- разработка правильной схемы озеленения;
- выбор и проектирование системы отопления остекленного павильона;
- выбор и проектирование системы вентиляции павильона.

Зимний сад является сложным инженерным сооружением, со значительными и быстро меняющимися тепловыми нагрузками [3]. Для формирования комфортного микроклимата помещения зимнего сада в летний и зимний периоды года предусматриваются:



- высадка лиственных пород деревьев возле зимнего сада для частичной защиты от солнца в летнее время года;
- вентиляционные окна для использования в летний период;
- проектирование внутренней солнцезащитной системы (жалюзи, ролеты или рулонные шторы);
- система вентиляции с рекуператором использованного тепла и кондиционирования, с автоматической системой управления, *эксплуатируемая в круглогодичном режиме;*
- *система отопления на основе теплового насоса.*

Наиболее проблемными при проектировании являются два последних вопроса.

В жаркое время года для организации быстрого воздухообмена используются вытяжные клапаны, предусмотренные в крыше, и вентиляционные окна, установленные в боковых стенах. При этом через вентиляционные люки или отверстия заходит свежий, прохладный воздух [3].

Функциональные возможности системы:

- приток свежего воздуха в помещение зимнего сада;
- вытяжка использованного воздуха за пределы зимнего сада;
- устранение парникового эффекта внутри зимнего сада целенаправленным воздухообменом;
- автоматическое управление процессом проветривания;
- автоматическая регулировка температуры и влажности внутри зимнего сада;
- рециркуляция воздуха внутри зимнего сада при опасности возникновения конденсата;
- автоматическое закрытие внешнего защитного клапана при возникновении осадков под действием противодождявого сенсора;
- дистанционное управление вентиляцией при помощи пульта;
- защита от насекомых.

В зимний период в солнечные дни стены и пол остекленного павильона накапливают солнечную энергию, и, соответственно, помещение зимнего сада будет прогреваться с минимальным дополнительным отоплением. Более того, избыточное тепло через систему вентиляции с рекуператором, будет поступать в смежные помещения кафе и использоваться для обогрева их. Таким образом, расходы на отопление в целом снижаются. Также обстоит си-

туация с использованием избыточной тепловой энергии зимнего сада для нужд отопления помещений кафе в солнечные дни весной и осенью.

В холодный период года при пасмурной погоде комфортные показатели микроклимата и сокращение расходов на отопление обеспечиваются работой системы вентиляции с установленным рекуператором. Эта же система позволяет снизить избыточную влажность в помещении. Для выбора необходимого оборудования необходим комплексный подход с учетом всех групп факторов.

Рассмотрим систему вентиляции помещения зимнего сада, в котором подачи приточного воздуха $L_{пр}$ и удаляемого из помещения воздуха $L_{уд}$ равны и составляют $50 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч} = 13,89 \text{ м}^3/\text{с}$ [4].

Если вентиляционная система эксплуатируется в зимний период при температурах приточного воздуха $T_{пр} = -20^\circ\text{C} = 253,15 \text{ К}$ и удаляемого воздуха $T_{уд} = 18^\circ\text{C} = 291,15 \text{ К}$, то внутренняя удельная (отнесенная к единице времени) энергия приточного $e_{пр}$ и удаляемого $e_{уд}$ воздуха составит $e_{пр} = 4,57 \cdot 10^6 \text{ Дж/с} \approx 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ Гкал/с}$; $e_{уд} = 5,03 \cdot 10^6 \text{ Дж/с} \approx 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Гкал/с}$ [4]. Получаем, что при разнице удельных энергий $\Delta e = e_{уд} - e_{пр} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ Гкал/с}$ каждую секунду в окружающую среду выбрасывается $0,1 \cdot 10^{-3} \text{ Гкал}$. За восьмичасовую смену ($28,8 \cdot 10^3 \text{ с}$) при постоянно работающей вентиляции потери составят $\Delta e_{см} = 2,88 \text{ Гкал}$. При действующих ценах на энергоносители потери за месяц (при необходимости круглосуточного поддержания требуемых параметров микроклимата в помещении зимнего сада) составят 21105 BYN [4].

В качестве примера рассмотрим эффективность установки широко применяемого в Европе рекуператора типа Klingenburg. Основные температурные показатели данного рекуператора взяты из технической характеристики [5] и приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные температурные показатели рекуператора Klingenburg

Точка измерения температуры	Температура воздуха, $^\circ\text{C}$ (К)	
	Приток	Удаление
Вход	- 20 (253,15)	+18 (291,15)
Выход	+4 (277,15)	- 6 (267,15)





Внутренняя удельная энергия приточного $e_{\text{пр.рк}}$ и удаляемого $e_{\text{уд.рк}}$ воздуха после прохождения рекуператора составит $e_{\text{пр.рк}} = 5,0 \cdot 10^6$ Дж/с $\approx 1,2 \cdot 10^{-3}$ Гкал/с и $e_{\text{уд.рк}} = 4,82 \cdot 10^6$ Дж/с $\approx 1,15 \cdot 10^{-3}$ Гкал/с. Тогда $\Delta e_{\text{рк}} = e_{\text{уд.рк}} - e_{\text{пр.рк}} = 0,05 \cdot 10^{-3}$ Гкал/с [4]. За сутки при постоянно работающей вентиляции с рекуператором будет выбрасываться $\Delta e_{\text{рк.см}} = 4,32$ Гкал, т. е. потери тепловой энергии будут в 2 раза меньше, чем без рекуператора.

При этом при установке рекуператора увеличивается аэродинамическое сопротивление вентиляционной установки. Потери давления Δp на пневмолиниях притока и удаления в рекуператоре примерно равны и составляют $\Delta p_{\text{пр}} = \Delta p_{\text{уд}} = 300$ Па [4]. Мощность потерь в рекуператоре $P_{\text{пот}}$ с учетом, что $L_{\text{пр}} = L_{\text{уд}}$ [6, с. 287–295] составит $P_{\text{пот}} = 8334$ Дж/с = 8,334 кВт [4]. За сутки потери составят 200,1 кВт·ч. При расчетах потерь электрической энергии при установке рекуператора с учетом КПД вентилятора 85...88% [7] затраты электрической энергии будут больше и составят 231,3 кВт·ч за сутки. При стоимости 1 кВт·ч электроэнергии в промышленности в 2018 году, равной 0,24048 BYN, на преодоление аэродинамических сопротивлений в рекуператоре будет дополнительно затрачиваться 55,62 BYN [8].

При этом в самом рекуператоре возникают потери мощности. Связано это со следующими обстоятельствами. С точки зрения аэродинамики рекуператор представляет собой аэродинамическое сопротивление, при преодолении которого из-за увеличенного внутреннего трения в воздухе происходит нагрев этого воздуха. Данное явление учтено производителем рекуператора в температурных показателях таблицы 1. Из-за наличия данных потерь 10,4 кВт·ч электрической энергии за смену в обоих вентиляторах будет превращаться в тепловую энергию. При этом будут нагреваться электродвигатель вентилятора, рабочее колесо и корпус вентилятора, а также воздух в вентиляторе. Удаляемый воздух будет дополнительно нагреваться до рекуператора и примерно половину данной тепловой энергии отдавать приточному воздуху. На пневмолинии притока вентилятор установлен после рекуператора, поэтому все тепло от приточного вентилятора будет отдаваться приточному воздуху (при соответствующем утеплении стенок корпуса вентилятора). То есть около $\frac{3}{4}$ тепловой энергии, образующейся

от работы вентиляторов, будет отдаваться приточному воздуху, поступающему в животноводческое помещение. С учетом того, что $1 \text{ Гкал} = 1,16 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$, получим, что за сутки приточному воздуху будет дополнительно отдано $20,16 \cdot 10^3 \text{ Гкал}$ тепла, а в стоимостном выражении – 1,641 BYN. Тогда действительные потери на преодоление аэродинамических сопротивлений в рекуператоре будут равны примерно 54 BYN [4].

Соответственно, потери энергии в стоимостном выражении при использовании вентиляции без рекуператора за сутки составят 703,5 BYN, а при установке рекуператора – 405,75 BYN.

Таким образом, при установке рекуператора экономия на приобретение тепловой энергии, расходуемой на отопление зимнего сада, за сутки будет составлять 297,75 BYN. В холодный период года в месяц при круглосуточной работе экономия будет достигать 8932,5 BYN.

При оценке эффективности установки рекуператора учли удорожание вентиляционной установки (табл. 2) [4, 8].

Таблица 2. Оценка эффективности установки рекуператора

Статья расходов, показатель	Значение показателя
Стоимость рекуператора Klingenburg	8400 Евро / 20220 BYN
Затраты на усложнение корпуса установки	170 Евро / 409 BYN
Экономия на отопление за месяц при применении рекуператора	3713 Евро / 8932,5 BYN
Срок окупаемости	2,31 месяца

Срок окупаемости проекта в зимнее время года рассчитан исходя из того, что все время (2,31 месяца) будут низкие температуры атмосферного воздуха, что характерно для Беларуси. При более высоких температурах воздуха в зимнее время срок окупаемости проекта будет в пределах одного отопительного сезона. На повышении эффективности применения рекуператора тепла удаляемого воздуха скажется также объем использования избыточной тепловой энергии, используемой для обогрева смежных помещений кафе в солнечные дни зимой, а также в осенний и весенний периоды года.





Разработанная методика оценки эффективности применения рекуператоров в системах вентиляции учитывает потери энергии из-за увеличения аэродинамического сопротивления вентиляционной системы при установке рекуператора. В холодное время года установка рекуператора позволяет достичь экономии при круглосуточной работе более 8 тыс. BYN в месяц (более 3 тыс. евро). Потому при проектировании систем вентиляции зимнего сада целесообразно установка рекуператора тепла.

Повышение эффективности инвестиций в благоустройство городов проявляется по разным направлениям [9]. Это решающее условие повышения качества жизни горожан. Значительный рост эффективности инвестиций в благоустройство города в комплексе с повышением конкурентоспособности предприятий и применением ресурсо- и энергосберегающих технологий способствует реализации прав жителей микрорайона «Юбилейный» города на благоприятную среду жизнедеятельности, развитие социальной инфраструктуры, охрану окружающей среды, рациональное использование природных ресурсов.

Список литературы

1. Лобикова О.М. Повышение энергоэффективности жилых зданий: Проблемы, опыт решения / Лобикова О. М., Лобикова Н. В.// Россия: тенденции и перспективы развития: Ежегодник. Вып. 13 // РАН. ИНИОН. Отд. науч. сотрудничества. Отв. ред. В.И. Герасимов. – М., 2018. – Ч. 2. – С. 351-353.
2. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года. – Минск: Изд-во ГНУ «НИЭИ Мин. экономики Респ. Беларусь», 2015. - №4 (214). – 100 с.
3. Микроклимат для зимнего сада [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.proindustry.ru/archive/2005/april/0004.php>
4. Галюжин С. Д. Целесообразность использования современных энергосберегающих систем вентиляции при строительстве и реконструкции зданий / Галюжин С. Д., Лобикова Н. В., Лобикова О. М., Галюжин А. С. //Вестн. науки и обр. Северо-Зап. России. – 2018. - Т. 4. - №4. – С. 1-8.

5. Каталог оборудования Klingenburg. Рекуперация тепла пластинчатыми теплообменниками. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.c-o-k.ru/library/catalogs/klingenburg/10825>(дата обращения 01.12.2018).
6. Альтшуль А. Д. Гидравлика и аэродинамика: учебник для студентов вузов/ А. Д. Альтшуль, Л. С. Животовский, Л. П. Иванов. – М.: Стройиздат, 1987. – 414 с.
7. Караджи В. Г. О высоком КПД вентиляторов и эффективности вентиляционных систем/ В. Г. Караджи, Ю. Г.Московко. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid. (дата обращения 01.12.2018).
8. Галюжин С. Д. Экономическая выгода мероприятий повышения энергетической эффективности систем вентиляции / Лобикова О. М., Лобикова Н. В // «Казахстан-Холод»- 2019: Сб. докл. межд. науч.-техн. конф. (20-21 февраля 2019 г.) = Kazakhstan-Refrigeration 2019: Proceedings of the Conference (February 20-21, 2019). – Алматы: АТУ, 2019. – С.104-110.
9. Основные направления государственной градостроительной политики Республики Беларусь на 2016–2020 годы. Указ Президента Республики Беларусь 05.09.2016 № 334. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=P31600334> (дата обращения 11.03.2019).

References

1. Lobikova O. M. Increasing the energy efficiency of residential buildings: Problems, solution experience / Lobikova OM, Lobikova N. V. // Russia: Trends and Development Prospects: Yearbook. Issue 13 // RAS. INION. Separate scientific cooperation; Ed. ed. IN AND. Gerasimov. - M., 2018. - Part 2. - P. 351-353.
2. National strategy for sustainable socio-economic development of the Republic of Belarus for the period up to 2030. - Minsk: Publishing house of the State Scientific Institution «Research Institute of Energy and Efficiency Min. Economy Rep. Belarus». – 2015. - №4 (214). - 100 p.
3. Microclimate for the winter garden [Electronic resource]. Access mode: <http://www.prodindustry.ru/archive/2005/april/0004.php>



4. Galyuzhin S. D. The expediency of using modern energy-saving ventilation systems in the construction and reconstruction of buildings / Galyuzhin S. D., Lobikova N. V., Lobikova O.M., Galyuzhin A.S. // Vestn. science and arr. North-Zap. Of Russia. – 2018. - T. 4. - № 4. - P. 1-8.
5. Klingenburg equipment catalog. Heat recovery plate heat exchangers. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.c-o-k.ru/library/catalogs/klingenburg/10825>
6. Altshul, A. D. Hydraulics and aerodynamics: a textbook for university students / A. D. Altshul, L. S. Zhivotovsky, L. P. Ivanov. - M.: Stroiizdat, 1987. - 414 p.
7. Karadzhi V.G. On high efficiency of fans and efficiency of ventilation systems / V.G. Karadzhi, Yu.G.Moskovko. [Electronic resource]. Access mode: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid.
8. Galyuzhin S. D. The economic benefit of measures to increase the energy efficiency of ventilation systems / Lobikova O.M., Lobikova N. V // «Kazakhstan-Cold»- 2019: Sat. report int. scientific and technical conf. (February 20-21, 2019) = Kazakhstan-Refrigeration 2019: Proceedings of the Conference (February 20-21, 2019). - Almaty: ATU, 2019. - P.104-110.
9. The main directions of the state urban planning policy of the Republic of Belarus for 2016–2020. Decree of the President of the Republic of Belarus of September 5.- 2016.- No. 334. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.pravo.by/document/?Guid=3871&p0=P31600334>