

Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение Heat Supply, ventilation, air conditioning, gas supply and lighting

Научная статья
УДК 697.9
DOI: 10.14529/build250107

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ВЕНТИЛЯЦИИ ПЛАВАТЕЛЬНОГО БАССЕЙНА

Л.Г. Старкова, Ю.В. Дорофеева, Е.К. Дорошенко[✉], С.Л. Дегтярь, Е.А. Яновская
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия
[✉] doroshenkoek@susu.ru

Аннотация. В связи с популяризацией спорта и здорового образа жизни в России в последние годы повсеместно ведется строительство и реконструкция плавательных бассейнов. Причем, в отличие от других спортивных сооружений, к бассейнам предъявляются одни из самых строгих нормативных требований к поддержанию заданного микроклимата в помещениях с активным выделением влаги. Системы вентиляции данных объектов должны не только эффективно ассимилировать влаговыведения, препятствуя увлажнению, коррозии и разрушению ограждающих конструкций, но и быть одновременно энергоэффективными и экономически выгодными. Поэтому в работе проведено исследование различных вариантов устройства систем вентиляции бассейна с площадью водной поверхности 400 м² в составе спортивно-тренировочного центра в г. Челябинске с целью выявления наиболее рациональной по описанным критериям. Для сравнения рассмотрены следующие варианты приточно-вытяжных систем: вентиляция с рециркуляцией, вентиляция с дополнительным осушением, вентиляция с рециркуляцией и рекуперацией; приведено технико-экономическое сравнение работы этих систем, определено годовое потребление теплоты, рассчитаны сроки окупаемости. В результате исследования для данного объекта по совокупности всех исследуемых критериев самой экономически эффективной признана традиционная система вентиляции с рециркуляцией. От остальных вариантов её отличают низкие капитальные вложения, средние эксплуатационные затраты и самый малый срок окупаемости.

Ключевые слова: бассейн, системы вентиляции, рециркуляция, осушение, рекуперация, энергоэффективность, капитальные затраты, эксплуатационные затраты, срок окупаемости

Для цитирования. Оценка эффективности различных вариантов вентиляции плавательного бассейна / Л.Г. Старкова, Ю.В. Дорофеева, Е.К. Дорошенко и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2025. Т. 25, № 1. С. 57–67. DOI: 10.14529/build250107

Original article
DOI: 10.14529/build250107

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF VARIOUS VENTILATION OPTIONS FOR A SWIMMING POOL

L.G. Starkova, Yu.V. Dorofeeva, E.K. Doroshenko[✉], S.L. Degtyar, E.A. Yanovskaya
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia
[✉] doroshenkoek@susu.ru

Abstract. The popularization of sports and a healthy lifestyle in Russia led to the construction and reconstruction of numerous swimming pools in recent years. Moreover, unlike other sports facilities, swimming pools are subject to some of the strictest regulatory requirements for maintaining a given microclimate in rooms with active moisture release. Ventilation systems of these facilities should not only effectively assimilate moisture release, preventing moisture, corrosion and destruction of enclosing structures, but also be both energy efficient and economically profitable. Therefore, the paper highlights the study of various options for the installation of ventilation systems for a swimming

© Старкова Л.Г., Дорофеева Ю.В., Дорошенко Е.К., Дегтярь С.Л., Яновская Е.А., 2025.

pool with a water surface area of 400 m² as part of a sports and training center in Chelyabinsk, in order to identify the most rational according to the described criteria. It considers the following options of supply and exhaust systems: ventilation with recirculation, ventilation with additional dehumidification, ventilation with recirculation and recovery. It also provides a technical and economic comparison of these systems, determines annual heat consumption and calculates payback periods. The results of the study prove that the traditional ventilation system with recirculation is the most cost-effective one for this facility according to the totality of all the criteria studied. It is distinguished from other options by low capital investments, average operating costs and the shortest payback period.

Keywords: swimming pool, ventilation systems, recirculation, dehumidification, recovery, energy efficiency, capital costs, operating costs, payback period

For citation. Starkova L.G., Dorofeeva Yu.V., Doroshenko E.K., Degtyar S.L., Yanovskaya E.A. Evaluation of the effectiveness of various ventilation options for a swimming pool. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture.* 2025;25(1):57–67. (in Russ.). DOI: 10.14529/build250107

Введение

В последние годы в России широко развернуто строительство и реконструкция объектов физкультуры и спорта, и в частности плавательных бассейнов, доступных для всех групп населения.

К микроклимату бассейнов предъявляются строгие нормативные требования. Главной выделяющейся вредностью является влага, скопление которой может привести к коррозии строительных конструкций вплоть до их обрушения.

Задача поддержания требуемого тепловлажностного режима современных бассейнов может решаться несколькими вариантами устройства системы вентиляции. Однако в условиях сложной экономической ситуации и высоких цен на топливно-энергетические ресурсы актуальным является поиск наиболее экономичного проектного решения. В этой связи большое внимание уделяется в том числе возможностям использования теплоты вытяжного воздуха.

Из анализа отечественной и зарубежной литературы [1–12] можно увидеть, что в настоящее время в бассейнах используют довольно разнообразные схемы систем создания микроклимата, в частности:

- 1) вентиляционная система с рециркуляцией [2, 3, 9, 10];
- 2) вентиляционная система с осушителем [1, 3, 6, 8, 9];
- 3) вентиляционная система с рекуперацией теплоты [1, 3, 9, 11, 12];
- 4) вентиляционная система с тепловым насосом [1, 3, 9];
- 5) оптимизация воздухораспределения в бассейне с использованием вытесняющей вентиляции [2].

Описание объекта и постановка задач исследования

Объект исследования – бассейн спортивно-тренировочного центра в Челябинске. Предмет исследования – микроклимат помещения бассейна с площадью водной поверхности 400 м².

Цель исследования – поиск рациональной системы вентиляции плавательного бассейна, надежно обеспечивающей нормируемый микрокли-

мат в помещении и наиболее экономически целесообразной [13].

Задачи, поставленные для достижения цели:

- 1) анализ научных и литературных источников для определения возможных конструктивных решений системы;
- 2) оценка методик расчета влаговыведений;
- 3) оценка влияния различных методов вентиляции на расчетный воздухообмен в помещении бассейна;
- 4) анализ нескольких вариантов современных схем вентиляции бассейна;
- 5) технико-экономическая оценка вариантов, расчет их сроков окупаемости.

Для исследования были выбраны 3 наиболее широко распространенные схемы систем вентиляции для подобных бассейнов:

- вариант № 1 – схема системы вентиляции с рециркуляцией удаляемого воздуха;
- вариант № 2 – схема с канальным осушителем и вентиляцией, рассчитанной на санитарную норму воздухообмена;
- вариант № 3 – схема вентиляции с рециркуляцией и утилизацией теплоты в рекуперативном теплообменнике.

За базовый вариант была выбрана схема системы вентиляции с рециркуляцией удаляемого воздуха (вариант № 1).

Описание основных показателей и оборудования вариантов схем

Вариант 1. Схема системы вентиляции с рециркуляцией удаляемого воздуха

В ходе исследования были выполнены расчеты избытков явной и полной теплоты, а также влаговыведений по методике [11, 14, 15]. Данные методики позволяют учесть перепрофилирование бассейна в аквапарк и другую модернизацию, так как создает определенный запас влаговыведений по сравнению с другими методиками. Полученные значения влаговыведений приведены в табл. 1 и были взяты за основу расчета воздухообмена в бассейне.

В целях увеличения поглотительной способности приточного воздуха рекомендуется подавать

Таблица 1

Расчетные значения влаговыделений в бассейне

Тип влагопоступлений	Влаговыделения, кг/ч	
	Теплый период	Холодный период
1. С зеркала воды		
Рабочее время	155,40	194,30
Нерабочее время	27,20	31,00
Нерабочее время при укрытии зеркала воды	2,72	3,4
2. Со смоченной поверхности обходных дорожек	2,36	2,95
3. От пловцов	8,41	8,41
ИТОГО в рабочее время	166,17	205,66
ИТОГО в нерабочее время	2,72	3,40

приточный воздух малыми скоростями непосредственно в зону нахождения людей, а удалять воздух – из верхней зоны под потолком помещения. Для нахождения влагосодержания удаляемого воздуха d_y (г/кг) в залах ванн бассейнов рекомендуется [2, 14] применять формулу, учитывающую коэффициент организации воздухообмена:

$$d_y = d_n + K_D(d_b - d_n), \quad (1)$$

где d_b – влагосодержание внутреннего воздуха при расчетных t_b и ϕ (для теплого периода $d_b = 14,24$ г/кг); K_D – коэффициент эффективности организации воздухообмена. Для выбранной схемы притока и вытяжки принят равным 1,6 [2].

Расчетный воздухообмен для теплого периода для ассимиляции всех тепловлагоизбытков составил $G_T^w = 22097$ кг/ч.

В холодный период года в целях сохранения условий испарения воды близкими к режиму теплого периода предложено оставить разность влагосодержаний $\Delta d_{p,3}$, равной значению для теплого периода. Достигнуть этого можно путем смешения первично подогретого наружного воздуха с влажным вытяжным воздухом из помещения, то есть использовать частичную рециркуляцию.

Был принят следующий порядок расчета:

1) задается разность влагосодержаний внутреннего и наружного воздуха по теплому периоду года

$$\Delta d_{p,3} = d_b^T - d_n = 14,24 - 9,54 = 4,7 \text{ г/кг};$$

2) определяется расчетное влагосодержание смеси приточного воздуха в холодный период

$$d_{см} = d_b^X - \Delta d_{p,3} = 11,83 - 4,7 = 7,13 \text{ г/кг};$$

3) определяется влагосодержание удаляемого воздуха по формуле (1)

$$d_y = 14,65 \text{ г/кг}.$$

По полученным данным был произведен расчет воздухообмена для холодного периода с помощью построений на I-d диаграмме, показанных на рис. 1.

Расчетный воздухообмен для ассимиляции влагоизбытков в холодный период составил: $G_X^w = 11444$ кг/ч.

Принципиальная схема системы вентиляции данного варианта приведена на рис. 2. Для реали-

зации данной схемы предложены 2 одинаковые приточно-вытяжные установки, работающие одновременно, каждая на 50 % воздухообмена [16].

Расход теплоты на преднагрев наружного воздуха от точки Н до точки К $Q_{HK} = 95,5$ кВт. Расход теплоты на нагрев наружного воздуха до требуемой температуры притока от точки С до точки П $Q_{СП} = 92,2$ кВт. Итого расход теплоты на реализацию процесса в холодный период составил:

$$Q_1 = Q_{HK} + Q_{СП} = 187,7 \text{ кВт}.$$

Вариант 2. Схема с осушителем и вентиляцией, рассчитанной на санитарную норму воздухообмена

В данной схеме для ассимиляции влаги используется автономный осушитель, что значительно сокращает расчетный воздухообмен, так как отпадает необходимость ассимиляции влаговыделений. Поэтому можно принять расчетный воздухообмен в размере минимальной санитарной нормы на 1 человека. Расчетный воздухообмен для данного варианта составил $5120 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Влага в данной схеме ассимилируется двумя путями:

1) некоторое ее количество ассимилируется указанной санитарной нормой; 2) остальная влага ассимилируется осушителем канального типа, установленным в техническом помещении смежно с бассейном.

Требуемая производительность осушителя определяется по формуле

$$W^{oc} = M_D - W_b,$$

где M_D – общие влаговыделения в рабочее время в теплый/холодный период года (см. табл. 1), кг/ч;

W_b – количество влаги, удаляемой воздухом системы вентиляции в теплый/холодный период года, кг/ч.

Так, производительность осушителя в теплый период составит

$$W_T^{oc} = 166,17 - 5120 \cdot 1,2(17,06 - 9,54) = 120,0 \text{ кг/ч};$$

в холодный период –

$$W_X^{oc} = 205,66 - 5120 \cdot 1,2(14,65 - 0,13) = 116,5 \text{ кг/ч}.$$

По большему из полученных значений $W_T^{oc} = 120,0$ кг/ч определяется требуемая производительность осушителя W_{oc} . Для подбора осушителя

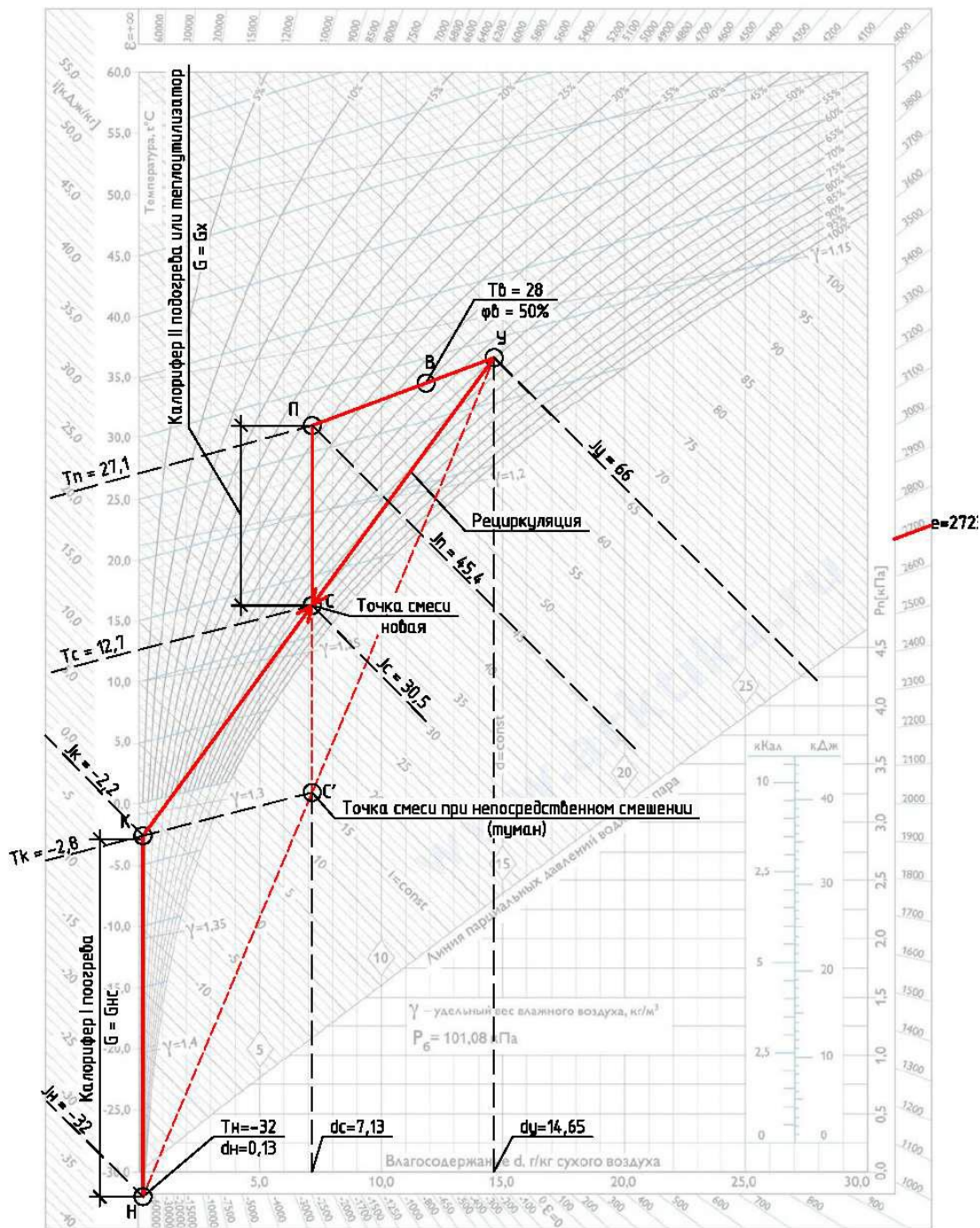


Рис. 1. t - d диаграмма процессов обработки воздуха в холодный период

по техническим каталогам необходимо определить суточную производительность осушения.

Суточный влагосъем $W_{\text{сут}}^{\text{oc}}$ с учетом 12-часового режима работы бассейна составляет:

$$W_{\text{сут}}^{\text{oc}} = 116,45 \cdot 12 + 3,40 \cdot 12 = 1438 \text{ кг/сут}$$

К установке был принят конденсационный канальный осушитель Polar Bear SDD 1550B со следующими характеристиками (при $t_y = 29,5$ – 30 °C):

– производительность осушения $W_{\text{сут}}^{\text{oc}} = 1537$ л/сут;

– потребляемая мощность $N_{\text{потр}} = 27,0$ кВт;

– повышение температуры воздуха на выходе $\Delta t = 8,5$ °C;

– выделение теплоты при работе осушителя $Q_{\text{изб}} = 49,6$ кВт.

Осушитель устанавливается в техническом помещении смежно с бассейном. В системе венти-

ляции устанавливаются одна приточная и одна вытяжная прямооточные установки (рис. 3).

Расход теплоты на нагрев санитарной нормы наружного воздуха от точки Н ($t_H = -32\text{ }^\circ\text{C}$) до точки П ($t_P = 27,1\text{ }^\circ\text{C}$) составил $Q_2 = 100,5\text{ кВт}$.

Вариант 3. Схема вентиляции с рециркуляцией и утилизацией теплоты в рекуперативном теплообменнике

Согласно данной схеме (рис. 4), в приточно-вытяжной установке предусматриваются две ступени утилизации тепла:

1) рециркуляция;

2) рекуперация.

Схема обработки приточного воздуха в данном варианте следующая:

1) поступает наружный воздух с температурой $-32\text{ }^\circ\text{C}$, проходит через пластины теплообменника и догревается от удаляемой части вытяжного воздуха до $+4,4\text{ }^\circ\text{C}$;

2) нагретый воздух попадает далее в камеру смешения, где к нему подмешивается рециркуляционная часть вытяжного воздуха. Таким образом, приточный воздух приобретает температуру $+19\text{ }^\circ\text{C}$;

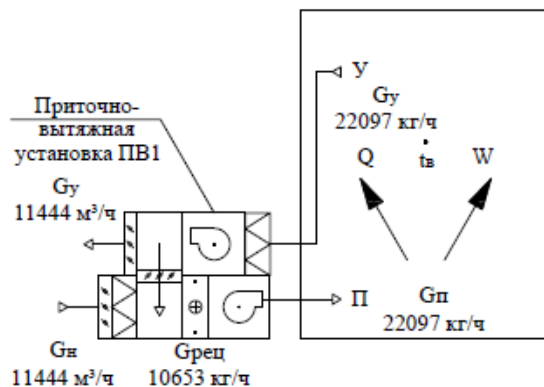


Рис. 2. Схема системы вентиляции с рециркуляцией удаляемого воздуха

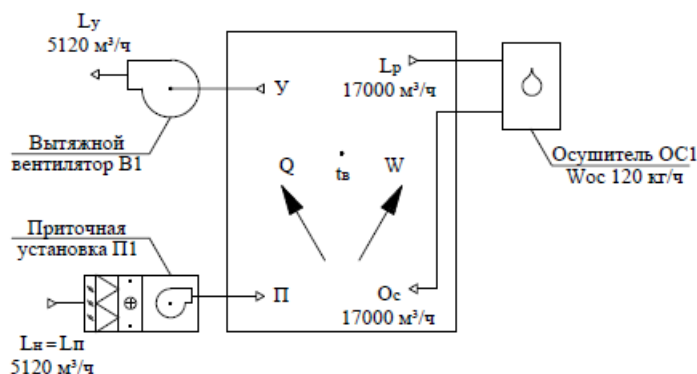


Рис. 3. Схема с осушителем и вентиляцией, рассчитанной на санитарную норму воздухообмена

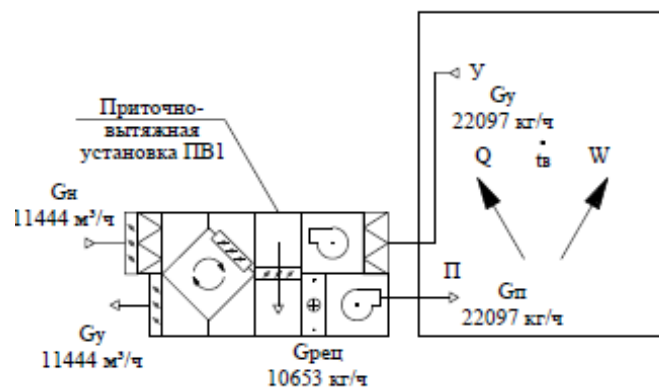


Рис. 4. Схема утилизации тепла с использованием перекрестноточного пластинчатого утилизатора

3) догрев воздуха от +19 °С до температуры притока +27,1 °С выполняется в водяном калорифере после камеры смешения.

Вытяжной воздух с температурой +28,5 °С проходит через теплоутилизатор, где охлаждается до +8 °С и выбрасывается в атмосферу. Рециркуляционная часть направляется, как уже упомянуто, в камеру смешения.

Для варианта № 3 подобраны 2 приточно-вытяжные установки с рециркуляцией и пластинчатым теплоутилизатором, работающие одновременно, каждая на 50 % воздухообмена [16]. Расход теплоты на нагрев приточного воздуха от +19 °С до температуры притока +27,1 °С составил $Q_3 = 50,4$ кВт.

Результаты технико-экономического анализа вариантов

В ходе исследования было выполнено технико-экономическое сравнение всех рассмотренных

ранее вариантов устройства вентиляции для выявления наиболее целесообразного из них.

Для определения годового потребления теплоты на нагрев вентиляционного воздуха применялся графоаналитический метод. По максимальным и минимальным расходам теплоты и по продолжительности стояния температур по данным для г. Челябинск [17] были составлены годовые графики расхода теплоты [18] для каждого варианта, представленные на рис. 5–7. Результаты расчета сопоставлены на диаграмме рис. 8.

Далее были рассчитаны экономические показатели [19].

Капитальные затраты включали в себя следующие позиции:

- отпускные цены изделий: по коммерческому предложению изготовителя;

- затраты на перевозку: 30 % отпускной цены для вентиляционного оборудования и 60 % от стоимости монтажа воздуховодов;

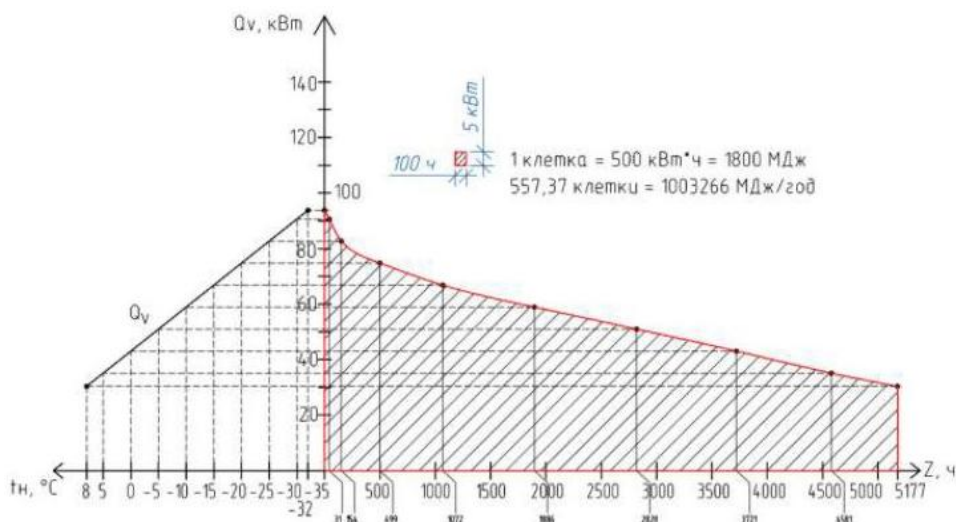


Рис. 5. Годовой график расхода тепла для варианта № 1

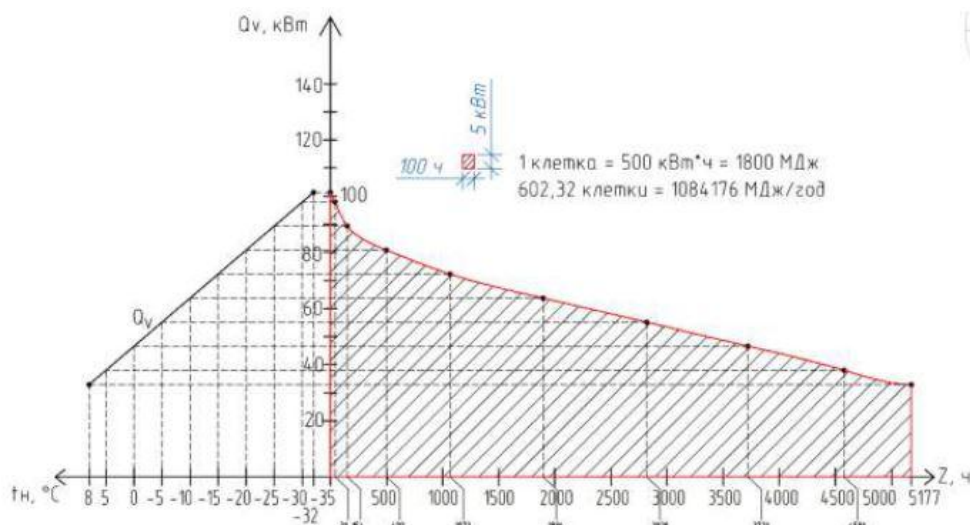


Рис. 6. Годовой график расхода тепла для варианта № 2

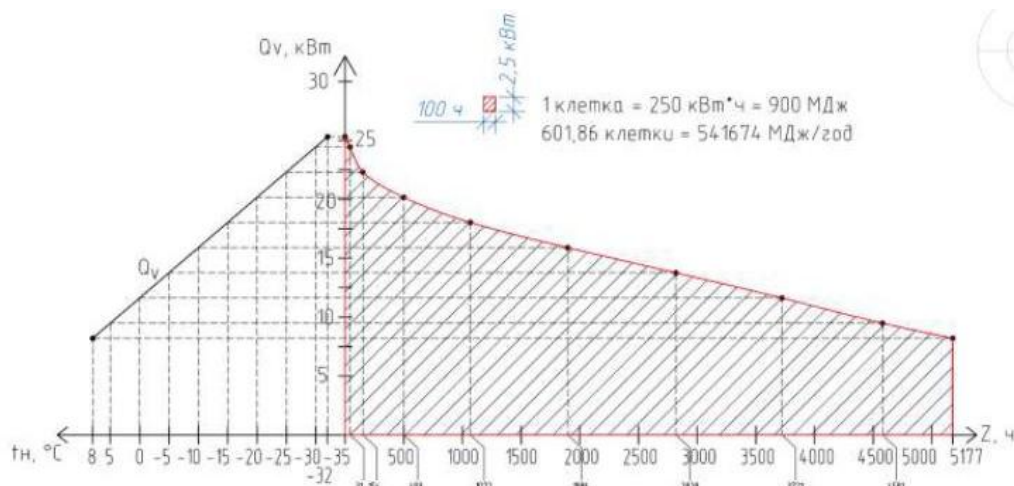


Рис. 7. Годовой график расхода тепла для варианта № 3

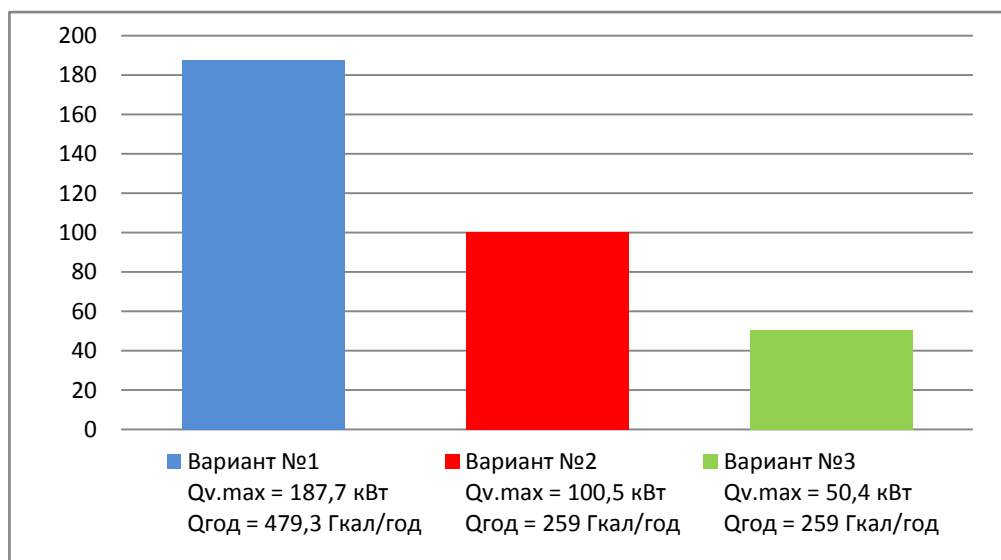


Рис. 8. Сопоставление расходов теплоты на нагрев наружного воздуха

– монтажные работы: в соответствии со средними расценками на монтаж вентиляционного оборудования и материалов фирм, работающих по Челябинской области;

– затраты на пусконаладку систем: в размере 12,6 % от монтажных работ.

После суммирования перечисленных позиций на них выполняют следующие начисления:

– накладные расходы: в размере 17,3 %;

– плановые накопления: в размере 6 %;

– усредненные зимние удорожания: в размере 1,9 %;

– социальный налог и налог на дороги: в размере 1 %.

Результаты расчета сопоставлены на диаграмме (рис. 9).

Расчет эксплуатационных затрат приведен в табл. 2.

Приведенные затраты сопоставлены в табл. 3.

Сопоставление затрат и расчет сроков окупаемости

За базовый вариант, как уже было отмечено ранее, принят вариант № 1.

Соответственно, с ним сравнивались варианты № 2 и № 3 на основании результатов, приведенных в табл. 3.

1. Сравнение варианта № 2 с вариантом № 1

Разница стоимости годовых эксплуатационных затрат составила:

$$\Delta C_{\text{эк. год}} = C_1 - C_2 = 1\,947\,140 - 2\,117\,989 = -170\,849 \text{ руб.} < 0.$$

Таким образом, вариант № 2 не приносит экономии эксплуатационных затрат и, следовательно, его применение не окупается.

2. Сравнение варианта № 3 с вариантом № 1

Разница стоимости годовых эксплуатационных затрат составила:

$$\Delta C_{\text{эк. год}} = C_1 - C_2 = 1\,947\,140 - 1\,787\,981 = 159\,159 \text{ руб.} > 0.$$

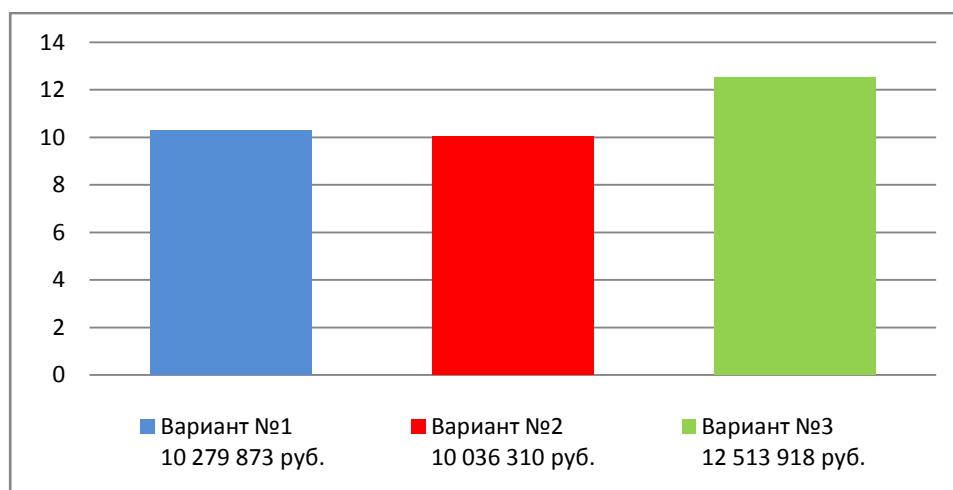


Рис. 9. Сопоставление капитальных затрат на рассматриваемые варианты систем вентиляции

Таблица 2

Сводная таблица эксплуатационных затрат

№	Эксплуатационные затраты	Единицы измерения	Вариант № 1	Вариант № 2	Вариант № 3
1	Годовые затраты на тепловую энергию $Q_{\text{год}}$	Гкал/год	479,26	258,95	258,76
	при тарифе на тепловую энергию $C_m = 1518,06$ руб./Гкал	руб./год	727 545	393 102	392 813
2	Годовые затраты на электрическую энергию	ΣN_i , кВт	7,704	28,812	5,964
	при тарифе на электрическую энергию $C_e = 3,58$ руб./кВтч	руб./год	201 888	731 293	156 290
3	Годовые затраты на капитальный ремонт вентиляционных систем	руб./год	215 877	210 763	262 792
4	Годовые затраты на текущий ремонт вентиляционных систем	руб./год	143 918	140 508	175 195
5	Годовые затраты на реновацию системы	руб./год	102 799	100 363	125 139
6	Годовые затраты на управление	руб./год	555 113	541 961	675 751
	Итоговые годовые затраты на эксплуатацию системы вентиляции	руб./год	1 947 140	2 117 990	1 787 980

Таблица 3

Приведенные затраты по всем вариантам

№	Тип системы вентиляции	Капитальные затраты K , руб.	Годовые эксплуатационные затраты C , руб./год	Приведенные затраты P , руб.
1	1	10 279 873	1 947 141	23 851 445
2	2	10 036 310	2 117 990	24 798 699
3	3	12 513 918	1 787 981	24 976 148

Таким образом, реализация варианта № 3 приносит заказчику *экономия* эксплуатационных затрат почти *160 тысяч рублей в год*. Поскольку капитальные затраты на данный вариант превышают затраты на базовый вариант (№ 1), то необходимо было *оценить целесообразность* использования варианта № 3 как более энергосберегающего.

Для оценки целесообразности мероприятия был рассчитан *срок окупаемости* T . При сравнении двух вариантов, для которых известны капитальные затраты K_i , K_j и годовая экономия $\Delta C_{\text{эк.год}}$ эксплуатационных затрат относительно друг друга, он определяется по формуле:

$$T = K_i - K_j / \Delta C_{\text{эк.год}} \quad (2)$$

Срок окупаемости варианта № 3 составил 14 лет, что превышает принятый 10-летний срок работы вентиляционных систем. Таким образом, использование установки с теплоутилизатором *не является экономически целесообразным* при данных условиях.

Следовательно, по результатам технико-экономического расчета для данного объекта самым *оптимальным* является *вариант № 1*: приточно-вытяжная установка с частичной рециркуляцией удаляемого воздуха.

Заключение

Выводы по результатам исследования

1. Энергосберегающий эффект от схемы с использованием конденсационного осушителя (вариант № 2) отсутствует, так как данный вариант характеризуется самыми высокими эксплуатационными затратами за счет высокого потребления электроэнергии осушителем. Вдобавок вследствие высоких тепловыделений конденсационный осушитель ухудшает микроклимат в теплый период года. Требуются затраты на борьбу с теплоизбытками.

2. Самое низкое теплопотребление обеспечивается схемой с теплоутилизатором (вариант № 3). Однако ожидаемый экономический эффект использования теплоутилизации не подтвердился. Данный вариант имеет самые высокие капитальные затраты и окупается за 14 лет, что нецелесообразно, так как превышает рекомендованный срок 5 лет.

3. Столь долгий срок окупаемости схемы с теплоутилизацией обусловлен тем, что в базовом

варианте (вариант № 1) заложен принцип рециркуляции, что, как показал расчет, является также эффективным и в то же время малозатратным энергосберегающим мероприятием.

4. Таким образом, настоящее исследование объективно показало, что наиболее рациональное решение достигается внедрением базового варианта № 1: схемы с использованием частичной рециркуляции удаляемого воздуха.

Практическая значимость работы

Настоящее исследование показало, что проектирование эффективной схемы вентиляции бассейна должно быть многовариантным с анализом экономической целесообразности вариантов, и не всегда наиболее дорогой и технически совершенный вариант является самым рациональным.

Предложенная схема обработки воздуха может быть рекомендована для помещений водных видов спорта в условиях Южного Урала и похожих климатических зон.

Список литературы

1. Kalinina A. Mechanical ventilation systems in swimming pools. Bachelor thesis // Mikkeli, Mikkeli University of Applied Sciences, 2011.
2. Кокорин О.Я., Волков А.А., Андронов Ф.И. Системы микроклимата помещений плавательных бассейнов // Холодильная техника. 2000. № 11. С. 8–10.
3. Зеленцов Д.В., Ромейко М.Б. О микроклимате в частном плавательном бассейне // Журнал С.О.К. 2016. № 3. С. 58–62.
4. Рябокони Е.К. Проблема влажности воздуха в помещении бассейна // Технологическое развитие науки: тенденции, проблемы и перспективы. 2019. С. 57–60.
5. Горковенко А.А., Хоничев Ю.В. Повышение энергоэффективности плавательного бассейна ТОГУ // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2010. Т. 2. С. 152–157.
6. Вишневский Е.П. Анализ особенностей использования основных методов осушения воздуха // Технический бюллетень. 2003. № 1. С. 4–6.
7. Капсудина А.Ю. Эффективное осушение воздуха помещений бассейнов // Молодой ученый. 2017. № 50 (184). С. 51–54.
8. Титова Е.М., Аверьянова О.В. Анализ эффективности систем кондиционирования с секцией осушения воздуха // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 1 (19). С. 46–52.
9. Rzeźnik I. Study on water evaporation rate from indoor swimming pools // E3S Web of Conferences 22, 2017, 00150. DOI: 10.1051/e3sconf/20172200150
10. ГОСТ Р 58458–2020. Бассейны для плавания. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2021. 26 с.
11. СП 310.1325800.2017. Бассейны для плавания. Правила проектирования (с Изменением № 1). М.: Стандартинформ, 2017.
12. Р НП «АВОК» 7.5-2020. Обеспечение микроклимата и энергосбережение в крытых плавательных бассейнах. Нормы проектирования. АВОК-ПРЕСС, 2020.
13. СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 (с Изменениями № 1–4). М.: Минстрой России, 2014.
14. Краснов Ю.С., Борисоглебская А.П., Антипов А.В. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям и наладке. М.: Термокул, 2004. 373 с.
15. Старкова Л.Г., Анисимова Е.Ю. Утилизация теплоты в системах вентиляции и кондиционирования воздуха: учебное пособие. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. 59 с.
16. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. М.: Стандартинформ, 2020.
17. СП 131.13330.2020. «СНиП 23-01-99* Строительная климатология». М.: Стандартинформ, 2020.

18. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник / В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хиж и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1988. 432 с.
19. ГОСТ Р 56295–2014 Энергоэффективность зданий. Методика экономической оценки энергетических систем в зданиях (Переиздание). М.: Стандартинформ, 2015.

References

1. Kalinina A. Mechanical ventilation systems in swimming pools. Bachelor thesis // Mikkeli, Mikkeli University of Applied Sciences, 2011.
2. Kokorin O.Ya., Volkov A.A., Andronov F.I. [Systems of microclimate of swimming pool premises]. *Kholodil'naya tekhnika* [Refrigerating appliances], 2000, no. 11, pp. 8–10. (in Russ.)
3. Zelentsov D.V., Romeyko M.B. [About the microclimate in a private swimming pool]. *Zhurnal S.O.K.* [Journal S.O.K.], 2016, no. 3, pp. 58–62. (in Russ.)
4. Ryabokon E.K. [The problem of indoor air humidity in the pool]. *Tekhnologicheskoe razvitie nauki: tendentsii, problemy i perspektivy* [Technological development of science: trends, problems and prospects], 2019, pp.57–60. (in Russ.)
5. Gorkovenko A.A., Honichev Yu.V. [Improving the energy efficiency of the TOGU swimming pool]. *Novye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii FAD TOGU* [New ideas of the new century: materials of the international scientific conference of the FAD TOGU], 2010, vol. 2, pp. 152–157. (in Russ.)
6. Vishnevsky E.P. [Analysis of the features of using basic methods of dehumidification]. *Tekhnicheskii byulleten'* [Technical bulletin], 2003, no. 1, pp. 4–6. (in Russ.)
7. Kapsudina A.Yu. [Effective dehumidification of indoor swimming pools]. *Molodoy uchenyy* [Young scientist], 2017, no. 50 (184), pp. 51–54. (in Russ.)
8. Titova E.M., Averyanova O.V. [Analysis of the effectiveness of air conditioning systems with an air dehumidification section]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal* [Civil Engineering magazine], 2011, no. 1 (19), pp. 46–52. (in Russ.)
9. Rzeznik I. Study on water evaporation rate from indoor swimming pools. *E3S Web of Conferences*, 2017, vol. 22, 00150. DOI: 10.1051/e3sconf/20172200150
10. GOST R 58458–2020. *Basseyny dlya plavaniya. Obshchie tekhnicheskie usloviya* [GOST R 58458–2020. Swimming pools. General technical conditions]. Moscow: Standartinform Publ.; 2021. 26 p. (in Russ.)
11. SP 310.1325800.2017. *Basseyny dlya plavaniya. Pravila proektirovaniya* (s Izmeneniyem N 1) [Set of Rules 310.1325800.2017. Swimming pools. Design rules (with Amendment No. 1)]. Moscow: Standartinform Publ., 2017. (in Russ.)
12. R NP “AVOK” 7.5-2020. *Obespechenie mikroklimata i energosberezhenie v krytykh plavatel'nykh bassey-nakh. Normy proektirovaniya* [Ensuring microclimate and energy saving in indoor swimming pools. Design standards]. AVOK-PRESS, 2020. (in Russ.)
13. SP 118.13330.2012. *Obshchestvennye zdaniya i sooruzheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 31-06-2009* (s Izmeneniyami No. 1–4) [Set of Rules 118.13330.2012. Public buildings and structures. Updated version of SNiP 31-06-2009 (with Amendments No. 1–4)]. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2014. (in Russ.)
14. Krasnov Yu.S., Borisoglebskaya A.P., Antipov A.V. *Sistemy ventilyatsii i konditsionirovaniya. Rekomendatsii po proektirovaniyu, ispytaniyam i naladke* [Ventilation and air conditioning systems. Recommendations for design, testing and commissioning]. Moscow, Thermokul, 2004. 373 p. (in Russ.)
15. Starkova L.G., Anisimova E.Y. *Utilizatsiya teploty v sistemakh ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukh-a: uchebnoe posobie* [Heat utilization in ventilation and air conditioning systems: textbook]. Chelyabinsk, SUSU Publishing Center, 2019. 59 p.
16. SP 60.13330.2020. *Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukh-a. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 41-01-2003* [Set of Rules 60.13330.2020. Heating, ventilation and air conditioning. Updated edition of SNiP 41-01-2003]. Moscow: Standartinform Publ., 2020. (in Russ.)
17. SP 131.13330.2020. “SNiP 23-01-99* Stroitel'naya klimatologiya” [Set of Rules 131.13330.2020. “SNiP 23-01-99* Construction climatology”]. Moscow: Standartinform Publ., 2020. (in Russ.)
18. Manyuk V.I., Kaplinsky Ya.I., Khizh E.B. et al. *Naladka i ekspluatatsiya vodyanykh teplovykh setey: Spravochnik* [Commissioning and operation of water heating networks: Handbook]. 3rd ed., processed and additional. Moscow, Stroyizdat Publ., 1988. 432 p. (in Russ.)
19. GOST R 56295–2014 *Energoeffektivnost' zdaniy. Metodika ekonomicheskoy otsenki energeticheskikh sistem v zdaniyakh (Pereizdanie)* [Energy efficiency of buildings. Methodology of economic assessment of energy systems in buildings (Reissue)]. Moscow: Standartinform Publ.; 2015. (in Russ.)

Информация об авторах:

Старкова Лариса Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; starkovalg@susu.ru

Дорофеева Юлия Викторовна, старший преподаватель кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; kungurtcevayv@susu.ru

Дорошенко Елена Константиновна, старший преподаватель кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; doroshenkoek@susu.ru

Дегтярь Светлана Леонидовна, старший преподаватель кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; degtiarsl@susu.ru

Яновская Екатерина Александровна, старший преподаватель кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; ianovskaiaea@susu.ru

Information about the authors:

Larisa G. Starkova, Candidate of Technical sciences, Assistant Professor of the Department of Town planning, engineering systems and networks, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; starkovalg@susu.ru.

Yulia V. Dorofeeva, Senior Lecturer of the Department of Town planning, engineering systems and networks, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; kungurtcevayv@susu.ru

Elena K. Doroshenko, Senior Lecturer of the Department of Town planning, engineering systems and networks, South Ural State University, Chelyabinsk; doroshenkoek@susu.ru

Svetlana L. Degtyar, Senior Lecturer of the Department of Town planning, engineering systems and networks, South Ural State University, Chelyabinsk; degtiarsl@susu.ru

Ekaterina A. Yanovskaya, Senior Lecturer of the Department of Town planning, engineering systems and networks, South Ural State University, Chelyabinsk; ianovskaiaea@susu.ru

Статья поступила в редакцию 22.11.2024, принята к публикации 27.11.2024.

The article was submitted 22.11.2024, approved after reviewing 27.11.2024.