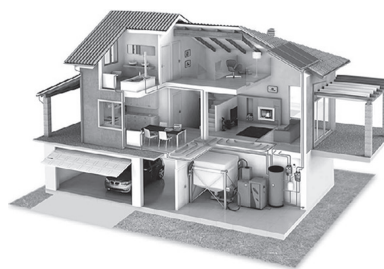


ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ



УДК 624.012

DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.06

Ю. С. ВЫТЧИКОВ
М. Е. САПАРЁВ
А. А. ЧУЛКОВ
Д. Д. КОНЯКИНА

ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СУШИЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ТУЛЬСКОГО ПИВЗАВОДА

HUMIDITY REGIME OF BUILDING ENVELOPE STRUCTURES
OF THE DRYING COMPARTMENT TULA BREWERY

Представлены результаты исследования влажностного режима строительных ограждающих конструкций сушильного отделения пивоваренного завода, расположенного в г. Туле. Оценка влажностного режима производилась с целью выявления причин повреждения наружных, внутренних стен и чердачного перекрытия, а также была поставлена задача по разработке технических решений по паро- и гидроизоляции указанных выше ограждающих конструкций. Для решения поставленных задач выполнены теплофизические расчёты строительных ограждающих конструкций, произведена оценка их влагонакопления в процессе эксплуатации здания. Определение положения плоскости возможной конденсации осуществлялось с применением авторской методики. Результаты теплофизических расчётов показали на наличие накопления влаги в указанных выше конструкциях, что связано с применением в качестве ветрозащиты полиэтиленовой плёнки ПВХ. Выявлено несоответствие нормативным требованиям по теплозащите наружной стены электрощитовой. С целью устранения данных проблем даны рекомендации, заключающиеся в применении в качестве пароизоляции плёнки типа «Изоспан А», увеличении толщины утеплителя, организации естественной приточно-вытяжной вентиляции чердачного помещения, гидроизоляции конструкций наружной стены из монолитного железобетона.

Ключевые слова: влажностный режим, ограждающая конструкция, теплофизический расчёт, плоскость возможной конденсации, пароизоляция

The article presents the results of a study of the humidity regime of building enclosing structures of the drying department of the brewery located in Tula. The assessment of the humidity regime was carried out in order to identify the causes of damage to external, internal walls and attic floors, and the task was also set to develop technical solutions for steam and waterproofing of the above-mentioned enclosing structures. To solve the tasks set, thermophysical calculations of building enclosing structures were performed, as well as an assessment of their moisture accumulation during the operation of the building. The position of the plane of possible condensation was determined using the author's methodology. The results of thermophysical calculations showed the presence of moisture accumulation in the above-mentioned structures, which is associated with the use of PVC polyethylene film as wind protection. It was also revealed that there was a discrepancy with the regulatory requirements for thermal protection of the external wall of the electrical panel. In order to eliminate these problems, recommendations were made, which consisted in using an Isospan A type film as a vapor barrier, increasing the thickness of the insulation, organizing natural supply and exhaust ventilation of the attic room, as well as waterproofing the structures of the outer wall made of monolithic reinforced concrete.

Keywords: humidity regime, enclosing structure, thermophysical calculation, plane of possible condensation, vapor barrier

Согласно [1] полученный при проращивании семян солод используется при приготовлении пива, имеет высокую влажность (42 – 45 %) и не годится для хранения. Для получения качественного продукта свежий солод сушат до достижения влажности, равной 2-3 %. В процессе сушки происходит значительное повышение температуры воздуха до 100 °С.

Из изложенного выше следует, что в верхней зоне сушильного отделения образуется агрессивная по отношению к ограждающим конструкциям смесь горячего воздуха и водяного пара. Влияние диффузии влаги через ограждающие конструкции на их долговечность описано в работах [2, 3]. Стоит отметить отличие влажностного режима ограждающих конструкций сушильного отделения пивоваренного завода от влажностного режима ограждающих конструкций жилых и общественных зданий и сооружений, описанного в работах [4–6]. Методам расчёта влажностного режима ограждающих конструкций посвящены работы [7–9].

Заказчиком данного исследования являлось ООО «Импульс» г. Самары. Для анализа

влажностного режима строительных ограждающих конструкций сушильного отделения Тульского пивзавода им были представлены фотоснимки поврежденных участков наружных и внутренних стен, а также чердачного перекрытия, входящих в состав здания замачивания, проращивания и солодосушки.

Для решения поставленных задач выполнены теплофизические расчеты строительных конструкций сушильного отделения.

Исполненные сотрудниками ЦЭС СамГТУ теплофизические расчеты включали в себя теплотехнический расчет наружных и внутренних стен, покрытий, а также оценку их влагонакопления в процессе эксплуатации здания.

План-схема здания сушильного отделения на отметке 0.000 представлена на рис. 1.

Теплотехнический расчет наружной стены сушильного отделения выполнялся по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания» и авторскому аналитическому методу определения положения плоскости возможной конденсации, изложенному в работе [9].

На рис. 2 представлен фотоснимок элементов подвесного чердачного перекрытия,

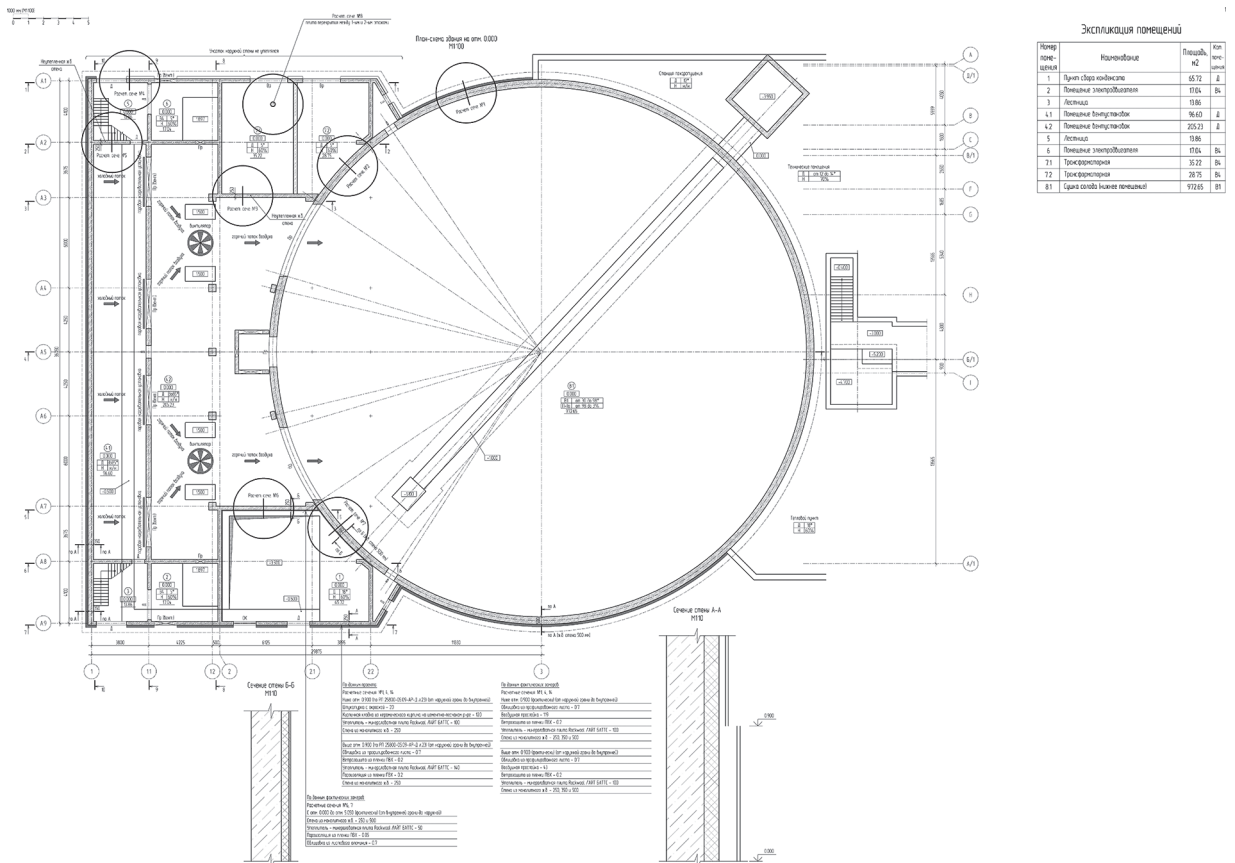


Рис. 1. План-схема здания на отм. 0.000
Fig. 1. Plan diagram of the building at elev. 0.000

на рис. 3 – стропильных конструкций покрытия над помещением сушильной камеры, на рис. 4 – сквозной коррозии профилированного настила перекрытия над помещением сушильной камеры.

Сухие следы увлажнения поверхностей стен помещения встроенной лестницы показаны на рис. 5, следы процесса выщелачивания с разрушением защитного слоя балок плиты покрытия – на рис. 6.

Перед сотрудниками Центра энергосбережения в строительстве была поставлена задача в разработке технических решений по паро-

и гидроизоляции наружных стен, чердачного перекрытия и покрытия сушильного отделения, а также блока производственных помещений.

Согласно исходным данным, представленным заказчиком, температура воздуха $t_{в}$ в сушильном отделении принималась равной 98 °С на отметке 0.000 и 85 °С – на отметке 5.250, относительная влажность – 98 % на указанных выше отметках.

Нормируемая плотность теплового потока $q_{н}$ принималась равной 41 Вт/м² на отметке 0.000 и 36,8 Вт/м² согласно СП 50.13330.2012.



Рис. 2. Коррозия несущих элементов подвесного чердачного перекрытия над помещением сушильной камеры на участках их сопряжения между собой при помощи сварных швов

Fig. 2. Corrosion of bearing elements of the suspended attic floor by placing the drying chamber in the areas of their interfacing with each other by means of welds



Рис. 4. Сквозная коррозия локальными участками профилированного настила покрытия над помещением сушильной камеры

Fig. 4. Through corrosion with local sections of the profiled coating flooring above the drying chamber



Рис. 3. Поверхностная коррозия элементов стропильных конструкций покрытия

Fig. 3. Surface corrosion of elements of roof rafters



Рис. 5. Сухие следы увлажнения поверхностей стен помещения встроенной лестницы вследствие нарушения его температурно-влажностного режима в холодный период года

Fig. 5. Dry traces of humidification of the walls of the built-in staircase due to violation of its temperature and humidity regime during the cold season



Рис. 6. Следы процесса выщелачивания с разрушением защитного слоя и оголением поперечного армирования по нижней грани балок плиты покрытия на втором этаже в зоне сопряжения блоков здания (температурный деформационный шов)
 Fig. 6. Traces of the leaching process with destruction of the protective layer and exposure of transverse reinforcement along the lower edge of the beams of the coating plate on the second floor in the interface area of the building blocks (temperature deformation joint)

Значения среднемесячной температуры и парциального давления водяного пара в наружном воздухе определялись для г. Тулы по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» и [10].

Расчетная схема наружной стены сушильного отделения представлена на рис. 7, ее состав – в таблице.

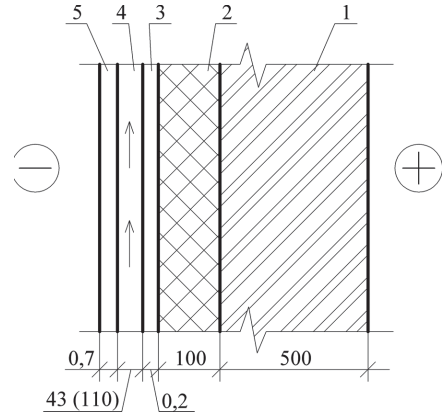


Рис. 7. Расчетная схема наружной стены сушильного отделения
 Fig. 7. Design diagram of the outside wall of the drying compartment

Состав конструкции стены сушильного отделения
 Composition of the drying compartment wall structure

Материал	Толщина δ_i , м	Плотность ρ_i , кг/м ³	Расчетные коэффициенты в условиях эксплуатации Б		
			ω_i , %	λ_i , Вт/м·°С	μ_i , мг/м·ч·Па
Монолитный железобетон	0,5	2500	3	2,04	0,03
Базальтовая минвата типа Rockwool “Лайт-БАТТС”	0,1	100	5	0,05	0,32
Полиэтиленовая пленка	0,0002	50	0	0,2	0,000022
Вентилируемая воздушная прослойка	0,043 0,110				
Облицовка из профилированного стального листа	0,0007	7800		50	0

Теплотехнический расчет наружной стены выполнялся в следующей последовательности:

1. Определялось сопротивление теплопередаче наружной стены сушильного отделения согласно СП 50.13330.2012 по формуле

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^3 \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n}, \text{ м}^2\text{°С/Вт.} \quad (1)$$

$$R_0 = \frac{1}{11} + \frac{0,5}{2,04} + \frac{0,1}{0,05} + \frac{0,0002}{0,2} + \frac{1}{12} = 2,42 \text{ м}^2\text{°С/Вт.}$$

2. Рассчитывалась величина удельного теплового потока, проходящего через наружную стену:

а) на отметке 0.000

$$q_1 = \frac{t_{e1} - t_n}{R_0} = \frac{98 - 5,6}{2,42} = 38,2 \text{ Вт/м}^2;$$

б) на отметке 5.250

$$q_1 = \frac{t_{e2} - t_n}{R_0} = \frac{85 - 5,6}{2,42} = 32,8 \text{ Вт/м}^2.$$

Расчет показал на соответствие наружной стены отделения сушки солода нормативным требованиям по теплозащите:

а) на отметке 0.000

$$q_1 < q^{zod}; 36,2 < 41 \text{ Вт/м}^2;$$

б) на отметке 5.250

$$q_2 < q^{zod}; 36,2 < 36,8 \text{ Вт/м}^2.$$

Расчет влажностного режима наружной стены сушильного отделения выполнялся с целью проверки возможности накопления влаги в ней как за годовой период эксплуатации здания, так и за период месяцев с отрицательными температурами. Для достижения поставленной цели необходимо согласно СП 50.13330.2012 определить положение плоскости возможной конденсации, т. е. наиболее опасное сечение в стене с точки зрения процесса влагонакопления.

Для нахождения положения плоскости возможной конденсации разработчиками указанного выше свода правил предлагается решить трансцендентное уравнение относительно температуры ограждающей конструкции с помощью введения вспомогательной функции, значения которой представлены в табличной форме.

Авторами данной статьи было получено в работе [9] аналитическое решение задачи по определению положения плоскости возможной конденсации в виде следующей формулы:

$$x_i = \lambda_i \left\{ \frac{\left[t_B - 55,9 \left(\frac{e_B - e_{н.отр}}{t_B - t_{н.отр}} \frac{R_0^{всл}}{R_{По} \mu_i} \right) + 100 \right] R_0^{всл}}{t_B - t_{н.отр}} - \frac{1}{\alpha_B} - \sum_{i=1}^{i-1} R_i \right\}, \text{ м}, \quad (2)$$

где λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя, Вт/м·°С; μ_i – коэффициент паропроницаемости i -го слоя, мг/м·ч·Па; e_B – парциальное давление внутреннего воздуха, Па; $e_{н.отр}$, $t_{н.отр}$ – среднее парциальное давление, Па, температура, °С наружного воздуха за период месяцев с отрицательными температурами соответственно $R_i = \delta_i / \lambda_i$; термическое сопротивление i -го слоя, м²·°С/Вт.

Если величина $x_i \geq \delta_i$, то за плоскость возможной конденсации принимается наружная поверхность i -го слоя.

После определения координаты плоскости возможной конденсации по формуле (2) выполнялся расчет влагонакопления по стандартной методике, изложенной в СП 50.13330.2012.

Расчет влажностного режима наружной стены отделения сушки солода производился в следующей последовательности:

1. Определялось сопротивление паропроницанию наружной стены согласно СП 50.13330.2012:

$$R_{n_0} = \sum_{i=1}^3 \frac{\delta_i}{\mu_i}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}; \quad (3)$$

$$R_{n_0} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0,5}{0,03} + \frac{0,1}{0,32} + \frac{0,0002}{0,000022} = 26,1 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}.$$

2. Значение упругости влажного воздуха в сушильном отделении рассчитывалось по формуле

$$e_e = E_e \frac{\varphi_e}{100}, \text{ Па}, \quad (4)$$

где E_B – парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, определяемое согласно [3]:

$$E_B = 288,58 \left(1,098 + \frac{t_B}{100} \right)^{8,02} = 288,58 \left(1,098 + \frac{98}{100} \right)^{8,02} = 101808 \text{ Па} = 1,02 \text{ бар};$$

$$e_e = 101808 \frac{98}{100} = 99772 \text{ Па}.$$

3. Рассчитывалось значение температуры на наружной поверхности каждого слоя:

$$\tau_i = t_g - \frac{t_g - t_{н.отр}}{R_0} \left(\frac{1}{\alpha_g} + \sum_{i=1}^i R_i \right),$$

где $t_{н.отр}$ – средняя температура наружного воздуха для Тулы:

$$t_{н.отр} = \frac{t_{нI} + t_{нII} + t_{нIII} + t_{нIV} + t_{нV}}{5} = \frac{-8,0 - 7,5 - 2,1 - 1,0 - 5,6}{5} = -4,84 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\tau_g = t_g - \frac{t_g - t_{н.отр}}{R_0} \cdot \frac{1}{\alpha_g} = 98 - \frac{98 + 4,84}{2,42} \cdot \frac{1}{11} = 94,1 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\tau_1 = t_g - \frac{t_g - t_{н.отр}}{R_0} \left(\frac{1}{\alpha_g} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right) = 98 - \frac{98 + 4,84}{2,42} \left(\frac{1}{11} + \frac{0,5}{2,04} \right) = 83,5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\tau_2 = t_g - \frac{t_g - t_{н.отр}}{R_0} \left(\frac{1}{\alpha_g} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) = 98 - \frac{98 + 4,84}{2,42} \left(\frac{1}{11} + \frac{0,5}{2,04} + \frac{0,1}{0,05} \right) = -2,92 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\tau_3 = -2,92 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

4. Определялись значения парциального давления водяного пара на стыках слоев наружной стены:

$$e_B = 99772 \text{ Па};$$

$$e_i = e_B - \left(\frac{e_B - e_{н.отр}}{R_{п0}} \right) \cdot \sum_{i=1}^i R_{ni}, \text{ Па};$$

$$e_1 = e_g - \left(\frac{e_g - e_{н.отр}}{R_{n0}} \right) R_{n1} = 99772 - \frac{99772 - 394}{26,1} 16,7 = 36919 \text{ Па};$$

$$e_2 = e_g - \left(\frac{e_g - e_{н.отр}}{R_{n0}} \right) (R_{n1} + R_{n2}) = 99772 - \frac{99772 - 394}{26,1} (16,7 + 0,31) = 35707 \text{ Па};$$

$$e_3 = e_g - \left(\frac{e_g - e_{н.отр}}{R_{n0}} \right) (R_{n1} + R_{n2} + R_{n3}) = 99772 - \frac{99772 - 394}{26,1} (16,7 + 0,31 + 9,69) = 394 \text{ Па}.$$

5. Далее по значениям температур на стыках слоев определялись значения парциального давления насыщенного водяного пара по формулам, приведенным в работе [3]:

$$E_i = 288 \left(1,098 + \frac{t_i}{100} \right)^{8,02} ; \tau_i \geq 0;$$

$$E_i = 4,688 \left(1,486 + \frac{t_i}{100} \right)^{12,3} ; \tau_i \leq 0;$$

$$E_g = 288 \left(1,098 + \frac{94,1}{100} \right)^{8,02} = 87281 \text{ Па};$$

$$E_1 = 288 \left(1,098 + \frac{83,5}{100} \right)^{8,02} = 56882 \text{ Па};$$

$$E_2 = 4,688 \left(1,486 - \frac{2,92}{100} \right)^{12,3} = 480 \text{ Па};$$

$$E_2 = E_3 = 480 \text{ Па}.$$

6. Осуществлялась проверка на возможность выпадения конденсата в наружной стене:

$$\begin{aligned} e_b &> E_b; 99772 > 87281 \text{ Па;} \\ e_1 &< E_1; 36919 < 56882 \text{ Па;} \\ e_2 &> E_2; 35707 > 480 \text{ Па;} \\ e_3 &< E_3; 394 < 480 \text{ Па.} \end{aligned}$$

Расчет показал на наличие конденсации водяного пара на внутренней поверхности наружной стены и в слое базальтовой минваты.

7. Положение плоскости возможной конденсации определялось по формуле (2) согласно [2]:

$$x_2 = \lambda_2 \cdot \left\{ \frac{\left[t_a - 55,9 \left(\frac{e_a - e_{n,omp}}{t_a - t_{n,omp}} \cdot \frac{R_0}{R_{n_0}} \cdot \frac{\lambda_2}{\mu_2} \right)^{0,1515} + 100 \right] \cdot R_0}{t_a - t_{n,omp}} - \frac{1}{\alpha_a} - R_1 \right\}, \text{ м;}$$

$$x_2 = 0,05 \cdot \left\{ \frac{\left[98 - 55,9 \left(\frac{99772 - 394}{98 + 4,84} \cdot \frac{2,42}{26,1} \cdot \frac{0,05}{0,32} \right)^{0,1515} + 100 \right] \cdot 2,42}{98 + 4,84} - \frac{1}{11} - \frac{0,5}{2,04} \right\} = 0,117 \text{ м.}$$

$$0,117 \text{ м} > \delta_2 = 0,1 \text{ м.}$$

Следовательно, плоскость возможной конденсации совпадает с наружной поверхностью базальтовой минваты.

Проверка на возможность накопления влаги за годовой период эксплуатации здания, выполненная по методике, изложенной в СП 50.13330.2012, показала на чрезмерное увлажнение базальтовой минваты.

Применение полиэтиленовой пленки в качестве ветрозащиты, обладающей значительным сопротивлением диффузии водяных паров, привело к накоплению влаги в наружной стене.

По изложенной выше методике сотрудниками центра «Энергосбережение в строительстве» СамГТУ были выполнены также расчеты наружных стен пункта сбора конденсата и помещения вентустановок, внутренних стен электрощитовой, чердачного перекрытия и покрытия над технологическим помещением, а также покрытия над помещениями вентустановок.

На основе выполненного теплофизического расчета строительных конструкций сушильного отделения и примыкающего к нему блока производственных помещений, входящих в состав здания замачивания, проращивания и солодосушки, можно заключить следующее:

- уровень теплозащиты наружных стен сушильного отделения, пункта сбора конденсата и помещения вентустановок соответствует нормативным требованиям;
- накопление влаги, как показали результаты расчета влажностного режима наружных стен, воз-

можно во всех указанных выше помещениях. Оно связано с тем, что в качестве ветрозащиты применена полиэтиленовая пленка ПВХ толщиной 0,2 мм, обладающая значительным сопротивлением паропроницанию. Для устранения накопления влаги следовало применить пароизоляционную пленку типа «Изоспан-А», обладающую низким сопротивлением паропроницанию. В качестве утеплителя следует применить плиты из базальтового волокна марки «Венти-Батс» или аналоги;

- уровень теплозащиты внутренней стены пункта сбора конденсата, примыкающей к помещению вентустановок, а также электрощитовой, примыкающей к верхнему помещению сушилки солода, не соответствует нормативным требованиям по величине удельного теплового потока. Необходимо увеличить толщину теплоизоляционного материала;

- расчет влажностного режима внутренней стены пункта сбора конденсата, примыкающей к помещению вентустановок, показал на возможное в ней накопление влаги из-за установленной пароизоляции со стороны наружной поверхности утеплителя и облицовки листовым алюминием без воздушной прослойки;

- расчет влажностного режима внутренней стены электрощитовой, примыкающей к верхнему помещению сушилки солода, показал на наличие конденсата на внутренней поверхности железобетона. Необходимо выполнить мероприятия по гидроизоляции конструкций стены из монолитного железобетона;

▪ отсутствие пароизоляции со стороны внутренней поверхности утеплителя в чердачном перекрытии над технологическими помещениями, а также ветрозащиты со стороны чердака может привести к обильному замачиванию базальтовой минваты.

Для устранения выпадения конденсата на ограждающих строительных конструкциях чердачного помещения необходимо организовать естественную приточно-вытяжную вентиляцию.

В конструкции покрытия над помещениями вентустановок, как показали результаты расчета влажностного режима, возможно накопление влаги за годовой период эксплуатации здания. Для нейтрализации данного дефекта необходимо применить более эффективный пароизоляционный материал.

Наружная стена электрощитовой, выполненная из монолитного железобетона толщиной 250 мм, не утеплена, что противоречит нормативным требованиям по теплозащите производственных зданий и может привести к обильному выпадению конденсата на ее внутренней поверхности.

Выводы. 1. В конструкции наружных стен, внутренних перегородок, покрытий и перекрытий выявлено накопление влаги, в результате чего происходит замачивание утеплителя, разрушение монолитного железобетона и коррозия стальных несущих конструкций.

2. Представлены рекомендации конструктивных решений наружных и внутренних стен, покрытий и перекрытий, защищённых от увлажнения с помощью пароизоляционных и гидроизоляционных материалов, позволяющих повысить уровень теплозащиты здания, а также защитить конструкции от переувлажнения.

3. Рекомендуется стены из монолитного железобетона, а также стальные конструкции со стороны агрессивной среды с высокой температурой и влажностью воздуха обработать термостойким гидроизоляционным покрытием марки Master Protect 1825.

4. Для борьбы с тепло- и влагоизбытком в электрощитовых и чердачных помещениях рекомендуется организовать приточно-вытяжную вентиляцию.

5. После устранения выявленных дефектов и организации приточно-вытяжной вентиляции в помещениях необходимо постоянно вести контроль за состоянием строительных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баланов П.Е., Смотраева И.В. Технология солода. СПб.: ИТМО, 2014. 82 с.

2. Королева Т.И., Мельников И.Е. Исследование влажностного режима ограждающих конструкций стен. Пенза: ПГУАС, 2019. 136 с.

3. Ананьев А.И. Влажностный режим и долговечность наружных стен зданий // АВОК. 2018. № 8. С. 32–36.

4. Гречишкин А.В., Пучков Ю.М. Исследование температурно-влажностного режима помещений нового жилого дома со стенами из кирпича // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2018. № 2. С. 151–157.

5. Верхотина А.В., Новиков М.В. Оценка воздушного и влажностного режима ограждающих конструкций здания // Инженерные системы и сооружения. 2020. № 2. С. 48–55.

6. Гагарин В.Г., Зубарев К.П. Исследования влажностного режима ограждающих конструкций с повышенным уровнем энергосбережения // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сб. мат. VI Межд. науч. конф. М.: МГСУ, 2018. С. 16–19.

7. Калинина А.И., Плаксина Е.В., Долбилова М.А. Основы расчета влажностного режима ограждающих конструкций // Инновации и инвестиции. 2021. № 4. С. 231–234.

8. Корниенко С.В. Инженерная оценка влажности наружных стен // Интернет-вестник ВОЛГАСУ. 2015. № 1. С. 19.

9. Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е., Дядин А.А. Приближенный аналитический метод расчета влажностного режима многослойных строительных ограждающих конструкций // Инженерный вестник Дона. 2020. № 3. С. 11–12.

10. Блази В. Строительная физика: справочник проектировщика. М.: Техносфера, 2004. 486 с.

REFERENCES

1. Balanov P.E., Smotraeva I.V. *Tehnologija soloda* [Malt technology]. St. Petersburg, ITMO, 2014. 82 p.

2. Koroleva T.I., Mel'nikov I.E. *Issledovanie vlazhnostnogo rezhima ograzhdajushih konstrukcij sten* [Study of humidity conditions of wall enclosing structures]. Penza, PGUAS, 2019. 136 p.

3. Anan'ev A.I. Humidity conditions and durability of external walls of buildings. AVOK [AVOK], 2018, no. 8, pp. 32–36. (in Russian)

4. Grechishkin A.V., Puchkov Yu.M. Study of the temperature and humidity conditions of the premises of a new residential building with brick walls. *Obrazovanie i nauka v sovremennom mire. Innovacii* [Education and science in the modern world. Innovation], 2018, no. 2, pp. 151–157. (in Russian)

5. Verkhovina A.V., Novikov M.V. Assessment of air and humidity conditions of building enclosing structures. *Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija* [Scientific journal. Engineering systems and structures], 2020, no. 2, pp. 48–55. (in Russian)

6. Gagarin V.G., Zubarev K.P. Studies of humidity conditions of enclosing structures with an increased level

of energy saving. Integracija, partnerstvo i inovacii v stroitel'noj nauke i obrazovanii. Sbornik materialov VI Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii [Integration, Partnership and Innovation in Building Science and Education: Sat. mat. VI Intl. scientific. conf.], Moscow, MGSU, 2018, pp. 16–19. (In Russian).

7. Kalinina A.I., Plaksina E.V., Dolbilova M.A. Basics of calculating the humidity regime of enclosing structures. *Innovacii i investicii* [Innovations and investments], 2021, no. 4, pp. 231–234. (in Russian)

8. Kornienko S.V. Engineering assessment of humidity of external walls. *Internet-vestnik VOLGGASU* [The online bulletin of VOLGGASU], 2015, no. 1. p. 19. (in Russian)

9. Vytchikov Y.S., Saparev M.E., Dyadin A.A. Approximate analytical method for calculating the humidity regime of multilayer building enclosing structures. *Inzhenernyj vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], 2020, no. 3, pp. 11–12. (In Russian)

10. Blazi V. *Stroitel'naja fizika: spravochnik proektirovshhika* [Construction Physics: Designer's Handbook]. Moscow, Tehnosfera, 2004. 486 p.

Об авторах:

ВЫТЧИКОВ Юрий Серафимович

кандидат технических наук, профессор
кафедры теплогазоснабжения и вентиляции
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: git.2008@mail.ru

САПАРЁВ Михаил Евгеньевич

кандидат технических наук, доцент
кафедры теплогазоснабжения и вентиляции
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: msx072007@yandex.ru

ЧУЛКОВ Александр Анатольевич

инженер Центра энергосбережения в строительстве
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: ch_aleks01@mail.ru

КОНЯКИНА Дарья Денисовна

аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции
Самарский государственный технический университет,
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: d.konyakina@yandex.ru

VYTCHIKOV Yuri S.

PhD in Engineering Sciences, Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: git.2008@mail.ru

SAPAREV Mikhail E.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: msx072007@yandex.ru

CHULKOV Aleksandr A.

Engineer of the Center Energy Saving in Construction
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: ch_aleks01@mail.ru

KONYAKINA Dar'ya D.

Postgraduate student of the Heat and Gas supply and ventilation Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: d.konyakina@yandex.ru

Для цитирования: *Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е., Чулков А.А. Конякина Д.Д. Влажностный режим строительных ограждающих конструкций сушильного отделения Тульского пивзавода // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 1. С. 46–54. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.06.*

For citation: *Vytchikov Yu.S., Saparev M.Ye., Chulkov A.A., Konyakina D.D. Humidity Regime of Building Envelope Structures of the Drying Compartment Tula Brewery. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 1, pp. 46–54. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.06.*