

УДК 697.9

ОЦЕНКА ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ УЧРЕЖДЕНИЯ БЫСТРОГО ПИТАНИЯ

¹Галка Н.В., ¹Пачурин Г.В., ²Шевченко С.М., ¹Горшкова Т.А.

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный университет

им. Р.А. Алексеева», Нижний Новгород, e-mail: pachuringv@mail.ru;

²ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина»,
Нижний Новгород, e-mail: shevchenko.sm@mail.ru

Современный человек постоянно находится в условиях природных, технических, антропогенных, экологических, социальных и других опасностей. При этом с бурным развитием техники опасность растет быстрее, чем способность человека противостоять ей. К тому же человек склонен привыкать к опасности и начинает пренебрегать ею. Поэтому вопросы безопасной эксплуатации производственного оборудования и технологических процессов в настоящее время представляют собой особую актуальность. Они охватывают и изучают широкий спектр безопасности в направлениях обеспечения безопасности эксплуатации цехового оборудования не только на промышленных предприятиях, но и на предприятиях быта, таких как, например, учреждения быстрого питания. Данная работа посвящена важной задаче обеспечения безопасности жизнедеятельности в сфере индустрии быстрого питания. На основе результатов замеров температуры и теплового баланса в рабочей зоне производственных помещений выполнен расчет избытка явной теплоты. Показано, что помещение следует считать со значительным избытком явной теплоты. Поэтому требуется разработка более совершенной системы вентиляции и кондиционирования.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, безопасные условия труда, микроклимат, рабочая зона, избыток явной теплоты, учреждения быстрого питания

ASSESSMENT OF THERMAL LOAD IN INDUSTRIAL BUILDING INSTITUTIONS FAST FOOD

¹Galka N.V., ¹Pachurin G.V., ²Shevchenko S.M., ¹Gorshkova T.A.

¹«Nizhny Novgorod State Technical University R.A. Alekseev»,

Nizhny Novgorod, e-mail: pachuringv@mail.ru;

²Nizhny Novgorod State Pedagogical University K. Minin,

Nizhny Novgorod, e-mail: shevchenko.sm@mail.ru

Modern man is constantly in conditions of natural, technical, human-induced, environmental, social and other hazards. At the same time with the rapid advancement of technology, the danger is growing faster than man's ability to resist it. In addition, people tend to get used to danger and begins to neglect it. Therefore, the issues of safe operation of production equipment and processes currently represent a special urgency. They embrace and study a wide range of security areas to ensure safe operation of the equipment of the shop not only in industry but also in the life of plants, such as, for example, fast-food establishments. This work is dedicated to the important task of ensuring the safety of life in the fast food industry. Based on the results of measurements of the temperature and heat balance in the working area of industrial premises have been calculated excess sensible heat. It is shown that the space should be considered a significant excess sensible heat. Therefore the development of an improved system of ventilation and air-conditioning is required.

Keywords: life safety, safe working conditions, microclimate, working area, the excess sensible heat, fast-food establishments

Современный человек постоянно находится в условиях природных, технических, антропогенных, экологических, социальных и других опасностей [2, 3]. При этом с бурным развитием техники опасность растет быстрее, чем способность человека противостоять ей. К тому же человек привыкает к опасности и начинает пренебрегать ею [11]. Поэтому вопросы безопасной эксплуатации производственного оборудования и технологических процессов в настоящее время представляют собой особую актуальность [7, 8]. Они охватывают и изучают широкий спектр безопасности в направлениях обеспечения безопасности экс-

плуатации цехового оборудования не только на промышленных предприятиях [4, 10], но и на предприятиях быта, таких как, например, учреждения быстрого питания.

Однако, несмотря на наблюдаемую в целом по промышленным отраслям тенденцию снижения производственного травматизма со смертельным исходом [9], его уровень на многих предприятиях Российской Федерации остается достаточно высоким. Причинами данной ситуации являются как социально-экономические изменения в обществе, так и сокращение целенаправленной работы по профилактике несчастных случаев [4, 6, 9], а также снижение

объема специальных научных исследований по этой проблеме.

В настоящее время наблюдается появление новых производств, реконструкция имеющихся, переоборудование, внедрение более безопасных, совершенных, экологических и энергосберегающих технологий и оборудования [3, 8]. Однако современное производство сопровождается выявлением опасных и вредных производственных факторов, увеличением их энергетического уровня [2, 7].

Разрабатывая и эксплуатируя технику, необходимо не только обеспечить надежное и технологичное функционирование производственного оборудования, но и создать условия для безопасного и безвредного обслуживания всех установок и систем персоналом на предприятии [3, 10].

Безопасность на производстве обеспечивается тремя основными направлениями:

- безопасностью конструкций промышленного оборудования и надежностью его работы;

- безопасностью всех технологических процессов на производстве от поступления сырья и материалов до выдачи готовой продукции;

- безопасностью самого процесса труда при изготовлении, монтаже, ремонте и эксплуатации отдельной техники и оборудования в целом.

Важно еще на этапе проектирования и подготовки производства выявить все негативные, в том числе и отрицательно действующие на экологию, факторы, установить их значимость; разработать и применить технические средства и организационные мероприятия для снижения отрицательных параметров до допустимых значений.

Статистика несчастных случаев в пищевой промышленности показывает, что при эксплуатации оборудования сотрудники порой забывают о существовании требований охраны труда. Все требования по охране труда четко прописаны в нормативно-правовых актах. Также важным правилом в пищевой промышленности является соблюдение гигиенических норм.

Гигиенические нормы микроклимата на рабочем месте зависят от таких факторов, как категория работы по степени физической нагрузки, теплый или холодный период года, избыток явной теплоты, поступающей в помещение, оборудование, нагретые материалы, отопительные приборы, количество людей в помещении и солнечного света, т.е. от разности между явной теплотой и теплотерями.

Нагревающий микроклимат в производственной зоне предприятия – это сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место нарушение теплообмена человека с окружающей средой, выражающееся в накоплении тепла в организме выше верхней границы оптимальной величины ($> 0,87$ кДж/кг) и/или увеличении доли потерь тепла испарением пота ($>30\%$) в общей структуре теплового баланса, появлении общих или локальных дискомфортных теплоощущений (слегка тепло, тепло, жарко).

Микроклимат оказывает существенное влияние на самочувствие человека, его трудоспособность, физиологические процессы в организме, от которых зависит постоянство температуры тела человека. Тепловые воздействия на организм [3] могут быть причиной быстрого утомления, снижения работоспособности, ослабления сопротивляемости организма к таким заболеваниям, как:

- тепловое истощение (симптомы: слабость, тошнота, головная боль);

- тепловой удар (симптомы: головокружение, возбуждение, дрожь, конвульсия, бред);

- тепловые судороги (симптомы: мышечные спазмы);

- катаракта глаз.

Так как температура воздуха на рабочем месте (кухня) превышает верхнюю границу допустимых значений, для оценки нагревающего микроклимата в помещении вне зависимости от периода года применяется интегральный показатель – тепловая нагрузка среды (ТНС-индекс). ТНС-индексом называется эмпирический интегральный показатель (выраженный в $^{\circ}\text{C}$), который отражает комплексное влияние температуры воздуха, скорости его движения, влажности и теплового облучения на теплообмен человека с окружающей средой. Для производственной зоны ТНС-индекс равен $24,8^{\circ}\text{C}$, что соответствует классу – 3.1.

Для того чтобы выявить избытки явной теплоты, необходимо произвести расчет теплового баланса производственных помещений.

Для нормализации параметров микроклимата необходимо составление теплового баланса помещения, основанного на определении всех статей поступления и расхода тепла в помещении. При определении теплового баланса производственного помещения решаются две задачи:

- определение максимума избытка теплоты в помещении для теплового периода года, на основе которого определяются производительность и технические параметры систем вентиляции или кондиционирования помещения;

– определение наименьших избытков или наибольших недостатков теплоты для холодного периода года, на основании которых рассчитывается воздухообмен в этот период, а также нагрузки на воздухоподогреватели и тепловые сети.

При составлении теплового баланса помещения необходимо учитывать внутренние и наружные тепловые нагрузки.

Внутренние тепловые нагрузки зависят от теплоты, выделяемой от следующих источников теплоты в помещении:

- производственного оборудования;
- нагретых материалов и открытых водных поверхностей;
- от промышленных печей и продуктов сгорания;
- систем искусственного освещения;
- работающих людей.

Наружные тепловые нагрузки включают:

- поступление теплоты от солнечной радиации через ограждения и световые проемы;
- поступление или потери теплоты через внешние и внутренние ограждения помещения;

– потери теплоты на нагрев попадающего в помещение наружного воздуха в холодный период года или поступление теплоты в помещение с наружным воздухом в теплый период.

Основными механизмами распространения теплоты в помещении являются конвекция и излучение. Поступление теплоты при этом приводит к повышению температуры в помещении, поэтому они называются поступлениями явной теплоты. Поступления теплоты в помещение могут происходить в результате процессов испарения – поступления скрытого тепла.

Ниже представлены расчеты для участка производственного помещения [1].

Расчет теплопоступлений в рабочее помещение от нагретых поверхностей технологического оборудования. Теплоотдача от нагретых поверхностей $Q_{\text{пов}}$, Вт, рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{пов}} = \alpha_{\text{пов}} \cdot S \cdot (t_{\text{пов}} - t), \quad (1)$$

где $\alpha_{\text{пов}}$ – коэффициент теплоотдачи от поверхности к воздуху помещения, Вт/(м²·°C); S – площадь нагретой поверхности, м²; $t_{\text{пов}}$ – температура нагретой поверхности, t – температура воздуха в помещении.

Коэффициент теплоотдачи для нагретой поверхности технологического оборудования $\alpha_{\text{пов}}$ состоит из лучистой $\alpha_{\text{л}}$ и конвективной $\alpha_{\text{к}}$ составляющих и может быть представлено в виде

$$\alpha_{\text{пов}} = \alpha_{\text{л}} + \alpha_{\text{к}} = C_{\text{н}} b + A \sqrt[3]{t_{\text{пов}} - t}; \quad (2)$$

$$\alpha_{\text{пов}} = 4,7 \cdot 2,3 + 1,53 \cdot \sqrt[3]{180 - 27,5} = 18,98 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}};$$

$$S = 5,11 \text{ м}^2;$$

$$Q_{\text{пов}} = 18,98 \cdot 5,11 \cdot (180 - 27,3) = 14810 \text{ Вт}.$$

1. Тепловыделение от искусственного освещения

При большом количестве постоянно работающих ламп тепловая нагрузка от искусственного освещения может быть очень большой. Если одновременно работают все лампы, необходимо воспользоваться коэффициентом одновременности работы освещения, который позволяет определить, какая часть мощности освещения в среднем будет задействована.

На количество теплоты, выделяемое осветительными приборами, влияет их расположение в помещении. Например, от светильника, закрепленного в чердачном перекрытии, только часть выделенного им тепла попадет внутрь помещения.

В случае, если лампы встроены в подвесной невентилируемый потолок, то часть тепла попадает непосредственно в помещение, а остальное задерживается в подвесном потолке. Но так как потолок невентилируемый, то и эта часть тепла с течением времени выделится в помещение. Таким образом, в помещение попадут все 100% выделенного светильником тепла.

Если лампы встроены в подвесной вентилируемый потолок, используемый как вытяжной короб, то порядка 40% тепла сразу попадет в помещение; часть оставшегося тепла (примерно половина) унесется с вытяжным воздухом, а остальное попадет в помещение. Таким образом, в помещение попадает 60–70% выделенного светильником тепла.

Несмотря на большое количество светильников, их тепловыделение не учитывается, так как используются современные и эффективные люминесцентные лампы.

2. Расчет поступления теплоты через наружные ограждения помещений

В теплый период года теплота передается через ограждения снаружи внутрь помещения. Поступления теплоты следует определять по формуле

$$Q_{\text{отр}} = K \cdot F_{\text{отр}} (t_{\text{н}} - t_{\text{в}}) (1 + b), \quad (3)$$

где K – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, являющийся обратной величиной ее термического сопротивления R ; $F_{\text{отр}}$ – площадь ограждающих

поверхностей; t_b – расчетная температура воздуха внутри помещения; t_n – расчетная температура наружного воздуха; b – добавочные поступления теплоты в долях от основных потерь.

Поскольку здание имеет три наружных стены (южную, западную и северную), то этим коэффициентом можно пренебречь. Термическое сопротивление многослойных ограждений вычисляются по формуле

$$R = R_b + R_n + R_{ct}, \quad (4)$$

где $R_{ct} = \frac{\delta}{\lambda}$ – термическое сопротивление стены толщиной $\delta = 0,2$ м с коэффициентом теплопроводности бетона $\lambda = 1,5$ Вт/(м²·°C); R_b и R_n – термическое сопротивление теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей ограждений; можно принять $R_b = 0,114$ (м²·°C)/Вт и $R_n = 0,143$ (м²·°C)/Вт

$$R = 0,114 + \frac{0,2}{1,5} + 0,143 = 0,38 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$K = \frac{1}{R}, \quad (5)$$

где R – термическое сопротивление многослойных ограждений.

Подставляем значения в формулу (5):

$$K = \frac{1}{0,38} = 2,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}.$$

За расчетную температуру воздуха внутри помещения t_b при расчете теплопередачи через ограждения принимают:

Для стен – среднюю температуру

$$\frac{t_{в.з} + t_{п.з}}{2}.$$

Температура воздуха верхней зоны

$$t_{в.з} = t_{п.з} + 3,$$

где $t_{п.з}$ – оптимальная температура воздуха помещения, 21 °C.

$$t_{в.з} = 21 + 3 = 24 \text{ °C};$$

$$t_b = \frac{24 + 21}{2} = 22,5 \text{ °C}.$$

Для жаркого месяца согласно [2] максимальная температура $t_n = 26,8$ °C.

$F_{\text{огр}}$ посчитаем как сумму всех ограждающих поверхностей – 3 наружные стены (две с размерами $A \times H = 26 \times 2,8$ м и одна $B \times H = 19 \times 2,8$ м) и потолок ($A \times B = 19 \times 26$ м)

$$F_{\text{огр}} = 2 \cdot A \cdot H + B \cdot H + A \cdot B = 2 \cdot 26 \cdot 2,8 + 19 \cdot 2,8 + 19 \cdot 26 = 692,8 \text{ м}^2.$$

Подставляем значения в формулу (3):

$$Q_{\text{огр}} = 2,58 \cdot 692,8 \times (26,8 - 22,5) \cdot (1 + 0) = 7686 \text{ Вт}.$$

Суммарная тепловая нагрузка:

$$Q = 14810 + 7686 = 22496 \text{ Вт}.$$

Удельная тепловая нагрузка определяется как отношение теплоизбытков Q в помещении к его объему V :

$$q = \frac{Q}{V}; \quad q = \frac{22496}{692,8} = 32,4 \text{ Вт/м}^3.$$

Таким образом, помещение считается со значительным избытком явной теплоты, так как $q > 23$ Вт/м³ [1]. Поэтому требуется разработка более совершенной системы вентиляции и кондиционирования.

Список литературы

1. Бакаев В.В. Экология химико-технологических производств. Тепловой баланс производственных помещений. Организация и расчет систем вентиляции в производственных помещениях: учебное пособие по выполнению дипломных, курсовых и практических работ для студентов / В.В. Бакаев и др.; НГТУ им. П.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2011. – 131 с.
2. Пачурин Г.В. Производственный травматизм: монография / Г.В. Пачурин, Т.И. Курагина, Н.И. Щенников. – Издатель LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Germany, 2012. – 201 с.
3. Пачурин Г.В., Елькин А.Б., Миндрин В.И. и др. Основы безопасности жизнедеятельности: учеб. пособие / Г.В. Пачурин и др.; Нижегород. гос. ун-т им. П.Е. Алексеева. – 2-е изд. перераб. и доп. – Н. Новгород, 2014. – 269 с.
4. Пачурин Г.В., Щенников Н.И., Курагина Т.И., Филиппов А.А. Профилактика и практика расследования несчастных случаев на производстве: учебное пособие / под общ. ред. Г.В. Пачурина. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Изд. «Лань», 2015. – 384 с.
5. СНиП 23-01-99* Строительная климатология. – М., 2003. – 109 с.
6. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Щенников Н.И., Курагина Т.И. Производственный травматизм и направления его профилактики // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 1. – С. 45–50.
7. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Снижение опасных и вредных факторов при очистке поверхности сортового проката // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 2-1. – С. 38–43.
8. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Оценка опасных и вредных факторов при производстве калиброванного проката и их устранение технологическими методами // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 7-2. – С. 161–164.
9. Щенников Н.И., Пачурин Г.В. Пути снижения производственного травматизма // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 4. – С. 101–103.
10. Щенников Н.И., Курагина Т.И., Пачурин Г.В. Состояние охраны труда в ОАО «Павловский автобус» // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 1. – С. 44–44.
11. Щенников Н.И., Курагина Т.И., Пачурин Г.В. Психологический акцент в анализе производственного травматизма и его профилактики // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 4. – С. 162–169.