Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal https://esj.today

2021, №3, Том 13 / 2021, No 3, Vol 13 https://esj.today/issue-3-2021.html

URL статьи: https://esj.today/PDF/12SAVN321.pdf

Ссылка для цитирования этой статьи:
Пухкал В.А., Булгаков В.Ю. Размещение приточных аэрационных проемов в помещениях со значительными тепловыделениями // Вестник Евразийской науки, 2021 №3, https://esj.today/PDF/12SAVN321.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:
Pukhkal V.A., Bulgakov V.Yu. (2021). The placement of air intake openings in spaces with significant heat emissions. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 3(13). Available at: https://esj.today/PDF/12SAVN321.pdf (in Russian)

УДК 697.921.2

Пухкал Виктор Алексеевич
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,
Санкт-Петербург, Россия
Доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: pva1111@rambler.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1380-4115
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=510973

Булгаков Вадим Юрьевич
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,
Санкт-Петербург, Россия
Аспирант кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»
E-mail: total70@rambler.ru

Размещение приточных аэрационных проемов в помещениях со значительными тепловыделениями

Аннотация. Расположение приточных аэрационных проемов является одним из ключевых факторов определяющих тепловоздушную обстановку в помещениях со значительными тепловыделениями. В статье рассмотрены варианты размещения приточных аэрационных проемов на примере котельного отделения главного корпуса тепловой электростанции. Приточные аэрационные проемы располагаются в два яруса. Нижний ярус используется для подачи наружного воздуха в теплый период года; верхний ярус – для подачи наружного воздуха в холодный период. Приточные аэрационные проемы расположены на одной из поперечных наружных стен. Вследствие этого в объеме помещения температура воздуха распределяется неравномерно. В участках, наиболее отдаленных от приточных проемов, наблюдается повышенная температура воздуха по отношению к участкам со стороны приточных проемов.

Выполнена оценка параметров воздуха рабочей зоны и уходящего через аэрационный фонарь по известным литературным источникам. Установлено, что при температуре наружного воздуха 0 °С в рабочей зоне помещения может формироваться температура воздуха ниже допустимых значений.

Приведены данные замеров температуры внутреннего воздуха в диапазоне высот от 20 м до 39 м и уходящего воздуха в рабочем сечении вентиляционного фонаря. Температура наружного воздуха на начальном этапе замеров составляла 12 °С, затем поднялась до 14 °С и не менялась до окончания замеров. В процессе замеров поочередно открывались приточные аэрационные проемы сначала в верхней, а затем в нижней зоне помещения.

Установлено, что при открытии приточных аэрационных проемов в верхней зоне помещения наблюдается повышение, а при закрытии (и соответственно открытии проемов в нижней зоне) наблюдается понижение температуры уходящего воздуха. При переходе на работу только верхних аэрационных проемов уменьшается гравитационный напор, что вызывает снижение интенсивности аэрационного воздухообмена в помещении и повышение температуры уходящего воздуха и воздуха в рабочей зоне. Обратная картина наблюдается при переходе на работу только нижних аэрационных проемов.

Предложены решения по размещению приточных аэрационных проемов.

Ключевые слова: аэрация; производственные здания; главный корпус тепловой электростанции

Введение

Одной из основных проблем при проектировании систем аэрации промышленных зданий является выбор места размещения аэрационных проемов [1–10]. Способ организации воздухообмена в помещении, т. е. размещение приточных и вытяжных аэрационных проемов, является определяющим фактором, влияющим на формирование параметров воздушной среды в рабочей зоне.

В статье рассмотрены варианты размещения приточных аэрационных проемов на примере котельного отделения главного корпуса Автовской ТЭЦ (ТЭЦ-15, Санкт-Петербург), показанной на рисунке 1.

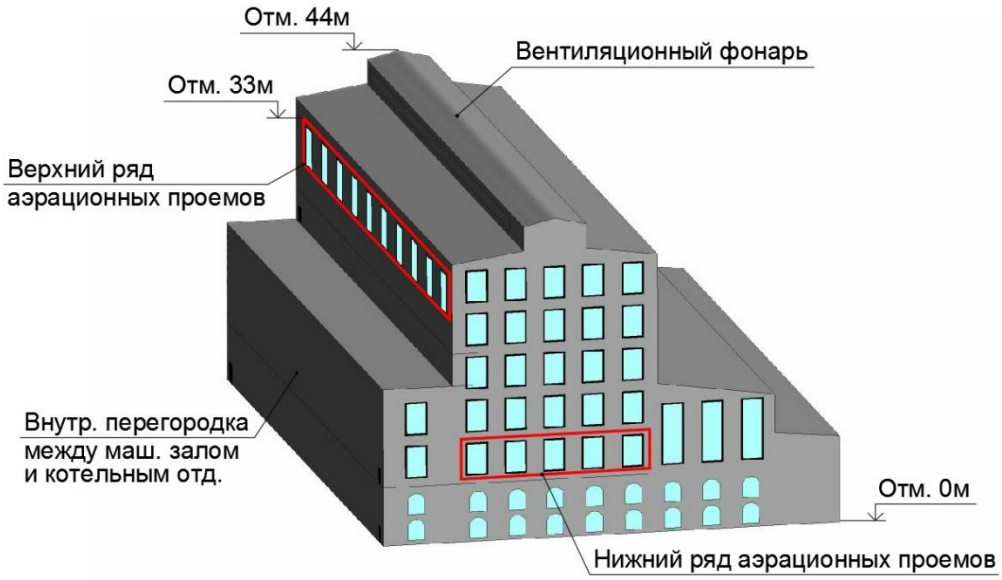

Рисунок 1. *Расположение аэрационных проемов в котельном отделении главного корпуса Автовской ТЭЦ (разработано авторами)*

Основными источниками тепловыделений в котельном отделении являются энергетические котлы, расположенные по оси помещения. Поэтому наиболее оптимальным вариантом считается размещение приточных аэрационных проемов в обеих продольных стенах цеха. В этом случае обеспечивается равномерная подача воздуха по длине помещения.

Приточные аэрационные проемы располагают в два яруса. Нижний ярус используется для подачи наружного воздуха в теплый период года; верхний ярус – для подачи наружного воздуха в холодный период. В многопролетных цехах для подачи воздуха могут использоваться

не только проемы в наружных стенах, но и фонари примыкающих пролетов, в которых отсутствуют тепловыделения.

На практике приточные аэрационные проемы в главных корпусах ТЭЦ располагают на одной из поперечных наружных стен, так как одна из продольных стен является перегородкой между машинным залом и котельным отделением. Другие наружные стены могут быть заняты различными пристройками и вспомогательным оборудованием.

Вследствие этого в объеме помещения температура воздуха распределяется неравномерно. В участках, наиболее отдаленных от приточных проемов, наблюдается повышенная температура воздуха по отношению к участкам со стороны приточных проемов, что необходимо учитывать в расчетах аэрации.

Особое внимание следует уделять использованию приточных аэрационных проемов в холодный период года. Особенно для тех производственных помещений, в которых воздухообмен осуществляется только за счет аэрации, а механическая вентиляция используется локально и временно и существенного вклада в воздухообмен в помещении не вносит.

Методы

Для оценки влияния расположения приточных аэрационных проемов на температуру уходящего воздуха и воздуха в рабочей зоне помещения выполнена серия замеров температуры воздуха в котельном отделении главного корпуса Автовской ТЭЦ. В работе находилось два энергетических котла из пяти (№2, №4) на номинальных параметрах. Забор воздуха дутьевыми вентиляторами осуществляется снаружи помещения в 100 % объеме. Проемы между котельным отделением и машинным залом закрыты.

В процессе замеров поочередно открывались приточные аэрационные проемы сначала в верхней, а затем в нижней зоне помещения (рисунок 1).

Выполнены следующие замеры:

- температуры уходящего воздуха в рабочем сечении вентиляционного фонаря с обеих сторон над энергетическим котлом №2;
- температуры внутреннего воздуха в диапазоне высот от 20 м до 39 м;
- температуры воздуха в рабочей зоне помещения.

Результаты

В производственных помещениях, в которых воздухообмен осуществляется только за счет аэрации, на формирование температуры внутреннего воздуха в рабочей зоне наряду с тепловыделениями от оборудования оказывает влияние приточный воздух из аэрационных проемов. Уже при температуре наружного воздуха 0 °С в рабочей зоне помещения может формироваться температура воздуха ниже допустимых значений (таблица 1).

На распределение давлений в помещении оказывают влияние множество факторов. Такие как степень открытия приточных и вытяжных аэрационных проемов; положение аэрационных проемов; неплотности в ограждениях и их распределение по площади наружных стен; ветровое давление и т. д.

Из наблюдений за тепловоздушной средой в помещении котельного отделения главного корпуса ТЭЦ следует, что цех находится под устойчивым разрежением. Даже при минимальной нагрузке работающего оборудования на уровне 33 м (при высоте цеха 44 м) на заветренном

фасаде в цехе наблюдается разрежение порядка 15…20 Па. Данное обстоятельство позволяет размещать приточные аэрационные проемы в верхней зоне подобных помещений.

Таблица 1

Результаты расчета $t_у$, $t_{р.з}$, $G_а$ по методике [1]

Подача наружного воздуха через нижние аэрационные проемы								
$t_н = 0°C$			$t_н = 14°C$			$t_н = 22°C$		
$t_у$, °C	$t_{р.з.}$, °C	$G_а$, кг/с	$t_у$, °C	$t_{р.з.}$, °C	$G_а$, кг/с	$t_у$, °C	$t_{р.з.}$, °C	$G_а$, кг/с
19	12	56,5	35	27	53,8	44	35	52,3
Подача наружного воздуха через верхние аэрационные проемы								
$t_н = 0°C$			$t_н = 14°C$			$t_н = 22°C$		
$t_у$, °C	$t_{р.з.}$, °C	$G_а$, кг/с	$t_у$, °C	$t_{р.з.}$, °C	$G_а$, кг/с	$t_у$, °C	$t_{р.з.}$, °C	$G_а$, кг/с
22	14	50	38	29	47,6	47	37	46,3

Примечание: $t_н$ – температура наружного воздуха, °C; $t_у$ – температура удаляемого воздуха, °C; $t_{р.з}$ – температура воздуха в рабочей зоне, °C; $G_а$ – массовый расход аэрационного воздуха, кг/с (составлено авторами)

Нижний уровень верхнего яруса приточных аэрационных проемов в холодный период года обусловлен наружной температурой и, как следствие, результирующей температурой воздуха в рабочей зоне помещения.

Увеличение высоты установки аэрационных проемов помогает незначительно поднять температуру воздуха в рабочей зоне, при этом аэрационный воздухообмен снижается. На рисунке 2 приведен график распределения температуры воздуха в рабочей зоне и аэрационного воздухообмена в зависимости от высоты размещения приточных проемов.

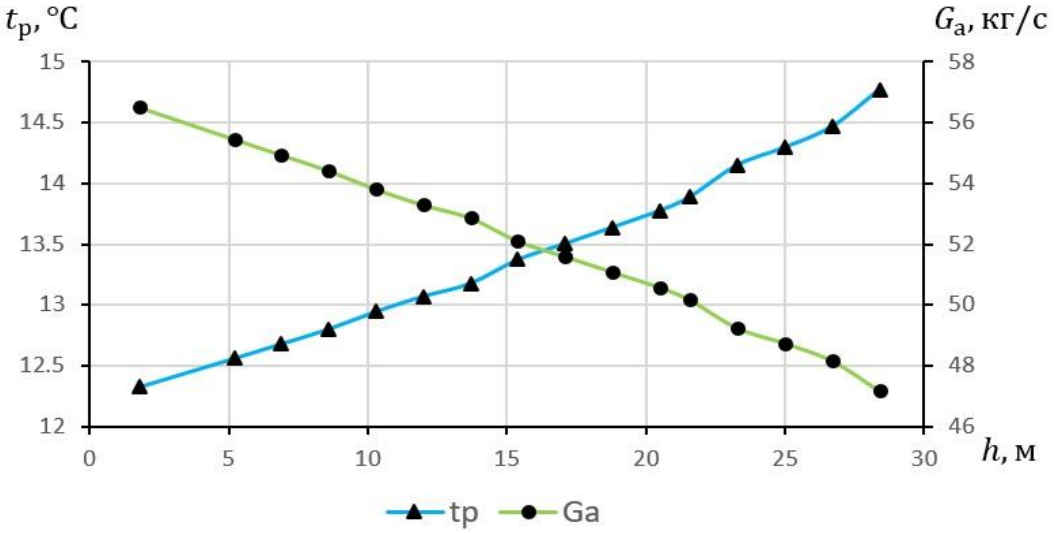

Рисунок 2. *График зависимости температуры воздуха в рабочей зоне, $t_р$, °C, и аэрационного воздухообмена, $G_а$, кг/с, от высоты размещения приточных аэрационных проемов (разработано авторами)*

График составлен на основе расчета, выполненного по методике [1] для $t_н = 0$ °C, $Q_{изб} = 1400$ кВт. При этом для всех вариантов расчетное сечение аэрационных проемов оставалось неизменным.

Аэрационный воздухообмен снижается вследствие уменьшения статического давления (рисунок 2). С увеличением расположения аэрационных приточных проемов падает перепад высот между центрами приточных и вытяжных проемов, что приводит к снижению располагаемого напора, необходимого для осуществления аэрационного воздухообмена.

Приточный воздух, поступающий через более высокие аэрационные проемы, смешивается с внутренним более теплым воздухом и с циркуляционными потоками поступает в рабочую зону помещения с более высокой температурой. Следует учитывать, что данный вариант воздухообмена не подойдет для производственных помещений, в которых помимо тепловыделений от оборудования присутствуют вредности в виде газо- и пылевыделений.

По технологическим требованиям не всегда возможно разместить приточные проемы в наиболее выгодных местах с точки зрения аэрации. Для рассмотренного выше случая максимальное расположение приточных проемов составляет 21,6 м, а температура воздуха в рабочей зоне составляет 14 °С. Исходя из этого, можно сделать вывод, что для более низких температур наружного воздуха необходимо выполнение дополнительных мероприятий. Таких как снижение площади аэрационных проемов; установка систем обогрева приточного и внутреннего воздуха; устройство систем механической вентиляции; выполнение защитных устройств для предотвращения поступления холодного воздуха как непосредственно в рабочую зону, так и в зону расположения технологического оборудования, систем управления и автоматики.

В условиях эксплуатации на температуру воздуха в рабочей зоне дополнительно оказывает влияние расположение основного и вспомогательного оборудования; расположение трубопроводов; расположение площадок обслуживания и т. д.

Например, наличие площадок обслуживания в верхней зоне помещения может отклонить ниспадающие потоки от аэрационных проемов. Что в результате может привести к изменению температуры воздуха в рабочей зоне.

В процессе замеров поочередно открывались приточные аэрационные проемы сначала в верхней затем в нижней зоне помещения (рисунок 1).

Температура наружного воздуха на начальном этапе замеров составляла 12 °С, затем поднялась до 14 °С и не менялась до окончания замеров.

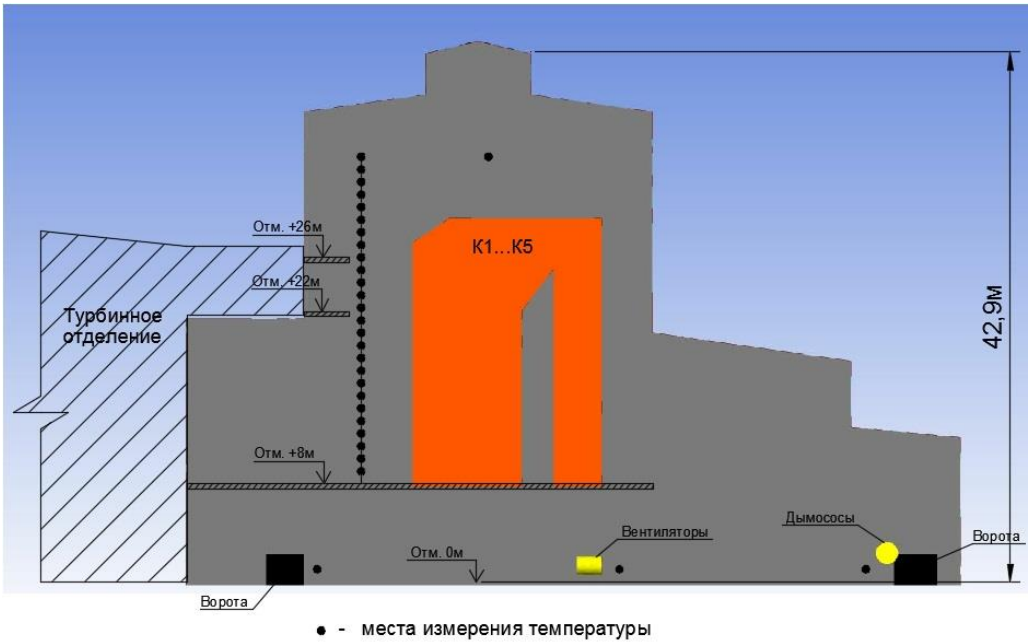

Рисунок 3. *Расположение точек замеров температуры воздуха (разработано авторами)*

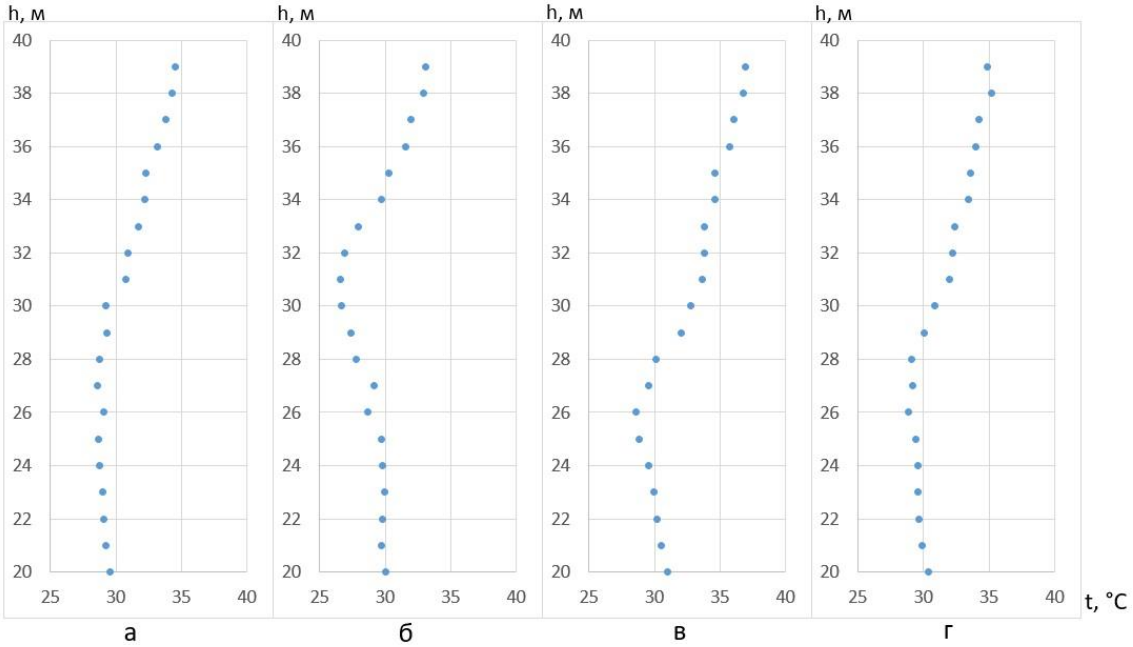

Рисунок 4. *Графики распределения температуры воздуха по высоте: а – для момента времени, когда верхние и нижние аэрационные проемы закрыты (воздух поступает в цех через открытые въездные ворота и неплотности в ограждениях); б – верхние аэрационные проемы открыты, нижние закрыты; в – верхние и нижние аэрационные проемы закрыты; г – верхние аэрационные проемы закрыты; открыты нижние аэрационные проемы (разработано авторами)*

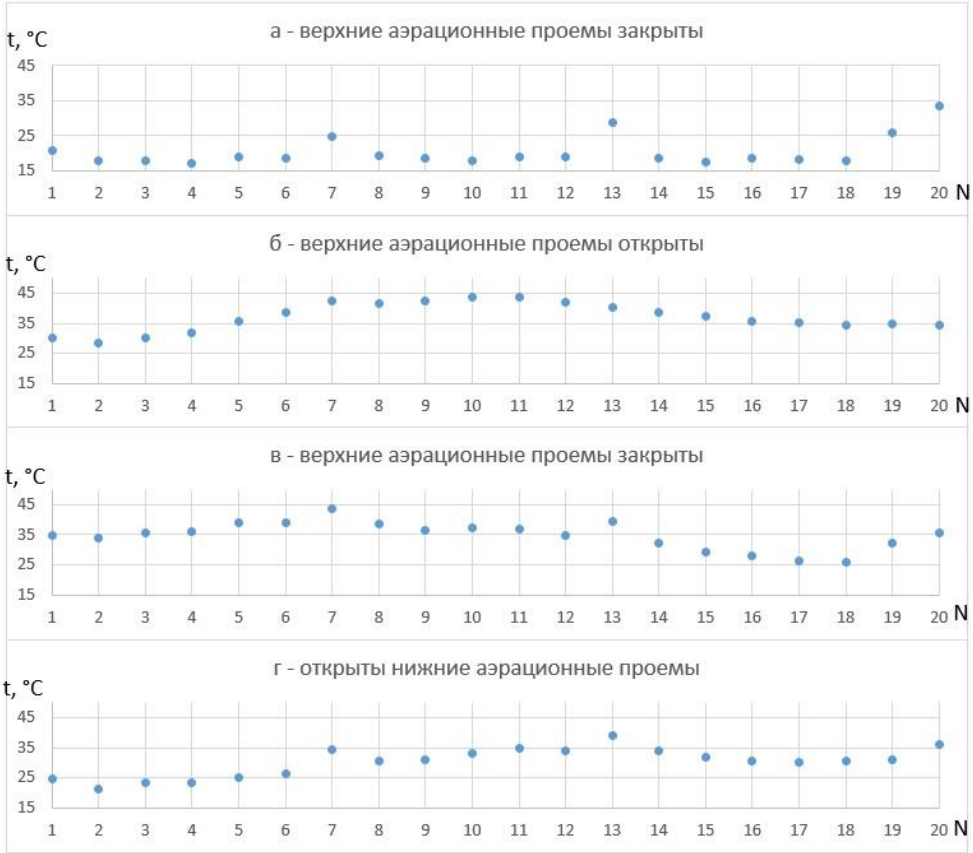

Рисунок 5. *Графики распределения температуры уходящего воздуха по длине фонаря (разработано авторами)*

Температура воздуха измерялась в нескольких сечениях котельного отделения, места измерения были расположены вне зоны действия конвективных потоков над источниками. Посты замеров температуры воздуха по высоте устанавливались через каждый метр от пола до нижнего пояса ферм. Кроме того, измерялась температура приточного воздуха и удаляемого через фонарь. Размещение постов замеров указано на рисунках. Температура воздуха измерялась непрерывно в течение недели. Расположение постов замеров показано на рисунке 3.

Результаты измерений температуры воздуха по высоте котельного отделения и длине фонаря представлены на рисунках 4, 5.

Обсуждение

Выполненные замеры позволяют сделать следующие выводы.

Открытие приточных аэрационных проемов в верхней зоне помещения незначительно, но сказывается на повышении температуры воздуха в рабочей зоне. Открытие приточных аэрационных проемов в нижней зоне существенно сказывается на температуре воздуха в рабочей зоне.

На графиках распределения температуры воздуха по высоте помещения (рисунок 4) значительные изменения соответствуют открытию аэрационных проемов в верхней зоне помещения. Поток приточного воздуха, более холодного по отношению к внутреннему воздуху, поступает в помещение и сразу же подмешивается к циркуляционным потокам горячего воздуха в верхней зоне помещения. Что вызывает снижение температуры воздуха в помещении выше уровня открытых приточных проемов. Распределение температуры воздуха ниже уровня открытых проемов при этом практически не меняется. Что может говорить о незначительном количестве приточного воздуха, поступающего в нижнюю зону.

При открытии приточных аэрационных проемов в верхней зоне помещения наблюдается повышение, а при закрытии (и соответственно открытии проемов в нижней зоне) наблюдается понижение температуры уходящего воздуха (рисунок 5). При переходе на работу только верхних аэрационных проемов уменьшается гравитационный напор, что вызывает снижение интенсивности аэрационного воздухообмена в помещении. Что, в свою очередь, приводит к повышению температуры уходящего воздуха и воздуха в рабочей зоне (рисунок 5). Обратная картина наблюдается при переходе на работу только нижних аэрационных проемов.

Заключение

1. Расположение аэрационных проемов следует выбирать с учетом объемно-планировочной компоновки помещения.
2. Нижний уровень приточных аэрационных проемов обусловлен результирующей температурой воздуха в рабочей зоне; верхний уровень обусловлен положением нейтральной зоны.
3. Приточные аэрационные проемы предпочтительно располагать с противоположных сторон цеха для лучшего выравнивания температуры в рабочей зоне помещения.
4. В холодный период года необходимо выполнение дополнительных мероприятий. Таких как снижение площади аэрационных проемов; установка систем обогрева приточного и внутреннего воздуха; устройство систем механической вентиляции; выполнение защитных устройств для предотвращения поступления холодного

воздуха как непосредственно в рабочую зону, так и в зону расположения технологического оборудования, систем управления и автоматики.

5. Использование приточных аэрационных проемов, расположенных в верхней зоне помещения, приемлемо для помещений, в которых основной вредностью являются избыточные тепловыделения. Для помещений с газо- и пылевыделениями необходимо выполнение механической вентиляции, рассчитанной на 100 % воздухообмен, либо дополняющей аэрацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акинчев, Н.В. Общеобменная вентиляция цехов с тепловыделениями. – Москва: Стройиздат, 1984. – 144 с.
2. Батурин, В.В. Основы промышленной вентиляции. – Москва: Профиздат, 1990. – 448 с.
3. Васильев, В.Ф. Экологическое влияние производственных зданий с аэрацией на качество воздуха городов / В.Ф. Васильев // Вода и экология: проблемы и решения. – №4 (72), 2017. – С. 79–85. – URL: http://wemag.ru/arhiv-zhurnal/Vasilev_V.F..pdf (дата обращения: 08.05.2021).
4. Гримитлин, А.М. Отопление и вентиляция производственных помещений / А.М. Гримитлин, Т.А. Дацюк, Г.Я. Крупкин, А.С. Стронгин, Е.О. Шилькрот. – Санкт-Петербург: Издательство «АВОК Северо-Запад, 2007. – 400 с.
5. Дерюгин, В.В. Вопросы моделирования лучистого и конвективного тепла при изучении аэрации горячих цехов / В.В. Дерюгин // Исследование в области отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Сб. трудов ЛИСИ. – Ленинград: ЛИСИ, 1971, №66. – С. 12–17.
6. Шепелев, И.А. Конвективные потоки воздуха над тепловыми источниками конечных размеров / И.А. Шепелев // Водоснабжение и санитарная техника. – 1967, №12. – С. 26–30.
7. Шепелев, И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении. – Москва: Стройиздат, 1978. – 145 с.
8. Шилькрот, Е.О. К расчету естественной вентиляции горячих цехов. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха в промышленных зданиях / Е.О. Шилькрот, И.А. Шепелев // Труды ЦНИИпромзданий. – Москва: ЦНИИпромзданий. – 1972, Вып. 26. – С. 4–16.
9. Шилькрот, Е.О. К расчету аэрации главных корпусов тепловых электростанций / Е.О. Шилькрот, В.Ю. Проскуровский // Труды Теплопроекта. Проектирование тепловых и атомных станций. 1977, Вып. 19. – С. 139–150.
10. Averyanov, V. Selection of turbulence models in case of numerical simulation of heat-, air- and mass exchange processes / V. Averyanov, V. Vasiliev, V. Ulyasheva // E3S Web of Conferences. – 2018. – Vol. 44. – URL: https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184400005; https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2018/19/e3sconf_eko-dok2018_00005/e3sconf_eko-dok2018_00005.html (дата обращения: 08.05.2021).

Pukhkal Viktor Alekseevich
Saint Petersburg state university of architecture and civil engineering, Saint Petersburg, Russia
E-mail: pva1111@rambler.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1380-4115
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=510973

Bulgakov Vadim Yur′evich
Saint Petersburg state university of architecture and civil engineering, Saint Petersburg, Russia
E-mail: total70@rambler.ru

The placement of air intake openings in spaces with significant heat emissions

Abstract. The placement of air intake openings is one of the defining factors in an air and heat environment in spaces with significant heat emissions. The article studies different placements of air intake openings in a thermal plant's boiler room. The intake apertures are placed in two layers. Lower layer is used to supply outside air in a warm part of a year while upper layer supplies outside air in a cold part of a year. Air intake openings are located on one of external partition walls. Because of that, the air temperature inside a room is distributed unevenly. The air temperature in the most farthest from the openings areas of the studied space is higher than in the areas nearest to them.

We have performed a study of parameters of work zone air and passing through a ventilation skylight air using published literature. It is determined that at outside temperature of 0 °C a work zone temperature could be lower that it is acceptable.

Measurements of inside air's temperature were carried out in a 20–39 meters height range and departing air's temperature was measured in working cross-section of a ventilation skylight. At first, outside air's temperature was 12 °C while later it rose to 14 °C and remained the same until the end of measurements. During measurements air intake apertures were alternatively opened at the higher and lower levels of the room.

It was observed that departing air's temperature increased when air intake apertures at higher level were opened and decreased when higher level apertures were closed (and subsequently lower level apertures were opened). When only higher air intake openings are operational, gravity head is decreased which lowers intensity of room's ventilation air change while departing and work zone airs' temperature are increased. The reverse is true for the operation of only lower air intake openings.

We are proposing some solutions to air intake openings placement.

Keywords: airing; industrial buildings; main building of thermal plant