



**НОРМЫ**

**СОБЫТИЯ**

**РАСЧЕТЫ**

**МОДЕЛИ**

**МЕТОДЫ**

**ТЕМА НОМЕРА:  
ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ЗДАНИЙ.  
ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ.  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО**

[Http://www.engstroy.spb.ru](http://www.engstroy.spb.ru) – полнотекстовая версия журнала в сети Интернет. Бесплатный доступ, обновление с каждым новым выпуском

## Инженерно-строительный журнал

научно-прикладное издание

ISSN 2071-4726

Свидетельство о государственной регистрации: ПИ №ФС77-38070, выдано Роскомнадзором

Специализированный научный журнал. Выходит с 09.2008.

Включен в Перечень ведущих периодических изданий ВАК РФ

Периодичность: 8 раз в год

### Учредитель и издатель:

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

### Адрес редакции:

195251, СПб, ул. Политехническая, д. 29, Гидрокорпус-2, ауд. 227А

### Главный редактор:

Вера Михайловна Якубсон

### Научный редактор:

Николай Иванович Ватин

### Литературный редактор:

Елена Викторовна Соболева

### Редакционная коллегия:

д.т.н., проф., зав. каф. ФГБОУ ВПО СПбГПУ Н.В. Арефьев;

д.т.н., проф., ректор ФГБОУ ВПО СГАСУ М.И. Бальзанников;

к.т.н., проф., проректор по перспективным проектам ФГБОУ ВПО СПбГПУ А.И. Боровков;

д.т.н., проф., Вильнюсский технический университет

им. Гедиминаса, Э.К. Завадскас;

д.т.н., проф., зав. каф. ФГБОУ ВПО СПбГПУ В.В. Лалин;

к.т.н., директор РУП «Институт БелНИИС» М.Ф. Марковский;

и другие.

Полный список редсовета и редколлегии – на веб-сайте журнала.

Установочный тираж 1000 экз.

Подписано в печать 15.10.13

Формат 60x84/8, усл. печ. л. 9,5.

Заказ № 2542

Отпечатано в типографии СПбГПУ.

СПб, ул. Политехническая, д. 29

## Содержание

### СОБЫТИЯ

Энергоэффективность зданий и сооружений: практические шаги 5

### НОРМЫ

Гримитлин А.М., Позин Г.М. Вентиляция и отопление судостроительных производств 7

### МОДЕЛИ

Дацюк Т.А., Ивлев Ю.П., Пухкал В.А. Результаты моделирования микроклимата жилых помещений при различных типах отопительных приборов 12

Колосова Д.Д., Маслак А.А., Ролле Н.Н., Молодкина Л.М. Модельные эксперименты по коагуляционно-мембранной доочистке сложных стоков 22

### РАСЧЕТЫ

Брянская Ю.В. Уточнение кинематических характеристик турбулентного течения 31

Коровкин В.С. Инженерная кинематическая теория контактного давления грунта и ее приложение к статическому расчету тонких причальных стенок 39

### МЕТОДЫ

Арефьев Н.В. Самоорганизующиеся численные модели переходных процессов в водопроводящих гидротехнических сооружениях энергетических объектов 50

Баденко Н.В., Бакановичус Н.С., Воронков О.К., Иванов Т.С., Ломоносов А.А., Олешко В.А., Петрошенко М.В. Разработка методологического обеспечения процесса автоматизированного вычисления гидроэнергетического потенциала рек с использованием геоинформационных систем 62

© ФГБОУ ВПО СПбГПУ, 2013

На обложке: строительная площадка в прибрежной полосе, г. Сочи, Россия

### Контакты:

Тел. +7(812)535-52-47 E-mail: [engstroy@inbox.ru](mailto:engstroy@inbox.ru) Web: [Http://www.engstroy.spb.ru](http://www.engstroy.spb.ru)

## Вентиляция и отопление судостроительных производств

*Д.т.н., профессор А.М. Гримитлин,  
НПП «Экоюрус-Венто»;*

*д.т.н., профессор Г.М. Позин,*

*ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна»*

**Ключевые слова:** цеха судостроительных заводов; вентиляция; способы подачи приточного воздуха; определение воздухообмена; основные типы местных вытяжных устройств

В настоящее время по заказу Департамента судостроительной промышленности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации разрабатывается нормативный документ «Вентиляция и отопление судостроительных цехов». Вторая редакция документа прошла согласование с ведущими судостроительными предприятиями, проектными и научно-исследовательскими организациями. Утверждение документа планируется в декабре 2013 года.

В настоящей статье представлены основные принципы организации воздухообмена в судостроительных цехах, нашедшие свое отражение в новой редакции указанного нормативного документа.

В состав судостроительных заводов входят следующие цеха: корпусообрабатывающие, сборочно-сварочные, окраски и подготовки изоляции, судостроительные, пластмассового судостроения и др. [1]. С точки зрения организации воздухообмена помещения этих цехов относятся к так называемой *первой категории* [2]. Они размещаются, как правило, в зданиях с пролетами шириной от 12 до 36 м. Особых технологических требований к равномерности распределения параметров воздуха по рабочей зоне не предъявляется.

Судостроительные цеха относятся к производственным помещениям, характеризующимся незначительными избытками теплоты (менее 23 Вт/м<sup>2</sup>). Выполняемая в этих цехах работа относится к категории работ средней тяжести Пб (ГОСТ 12.1.005-88) [3]. Расчетные параметры наружного и внутреннего климата, а также содержание в воздухе рабочей зоны вредных газов, паров и пыли принимаются в соответствии с требованиями действующих нормативных документов [4–8].

В судостроительных цехах следует предусматривать вентиляцию с механическим побуждением. Для улавливания вредных веществ непосредственно у места их выделения необходимо устройство местной вытяжной вентиляции.

Следует выбирать наиболее эффективный тип местного отсоса, обеспечивающий требуемый санитарно-гигиенический эффект при наименьшем количестве удаляемого воздуха.

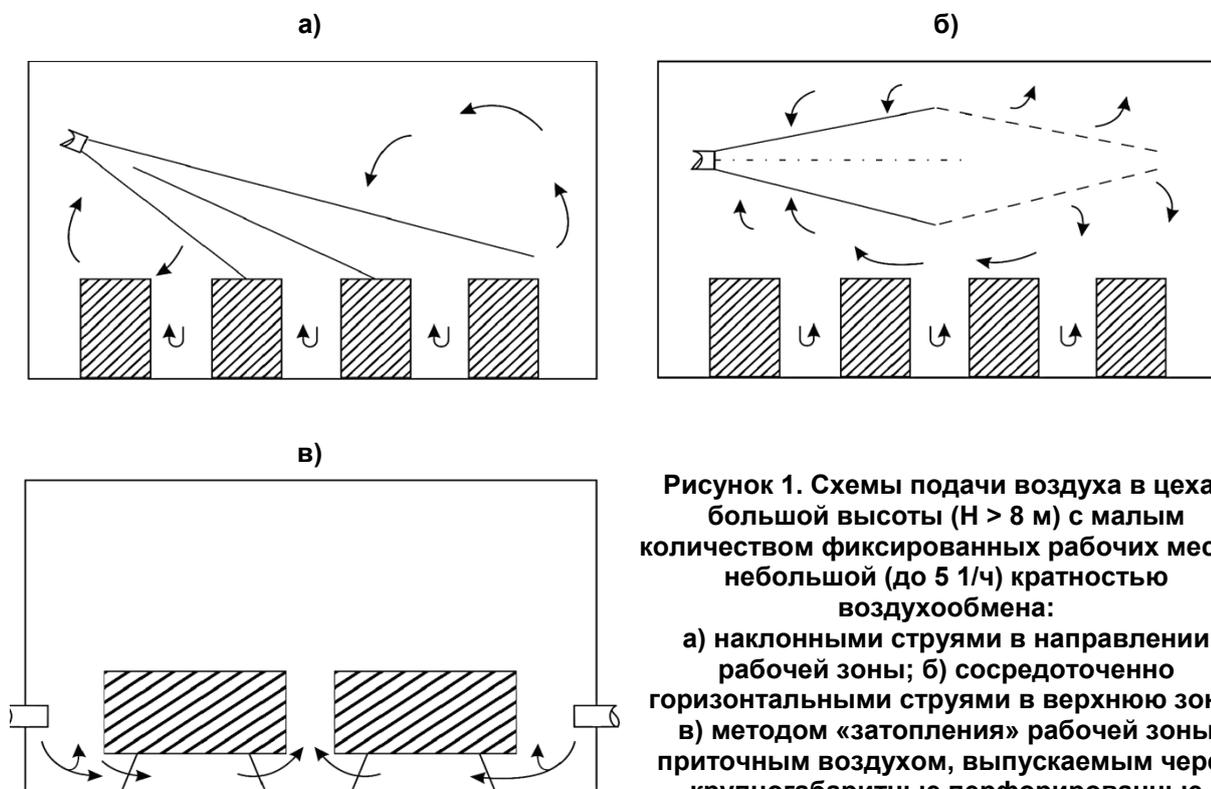
Для повышения эффективности работы местного отсоса и сокращения количества удаляемого воздуха необходимо учитывать следующие положения:

- местный отсос должен быть максимально приближен к источнику выделения вредных веществ;
- отсос следует ориентировать так, чтобы поток вредных веществ при улавливании минимально отклонялся от естественного направления движения;
- форма и размеры отсоса должны соответствовать форме и размерам источника вредных выделений;
- подтекание воздуха к отсосу целесообразно максимально ограничивать стенками, фланцами, свесами;
- при возможности обеспечивать устойчивость потоков вредных веществ и направлять их к местному отсосу с помощью струй;
- работа местных отсосов не должна нарушаться подвижностью воздуха в помещении, создаваемой системами приточной вентиляции, движущимся транспортом, оборудованием и т. п.

Типы рекомендуемых местных отсосов для конкретных видов производств приведены в работах [9–11].

В дополнение к местной вытяжной вентиляции, а также в случае невозможности ее устройства при данном технологическом процессе, следует предусматривать общеобменную вентиляцию.

Рекомендуются следующие способы подачи воздуха [12–14] (рис. 1).



**Рисунок 1. Схемы подачи воздуха в цехах большой высоты ( $H > 8$  м) с малым количеством фиксированных рабочих мест и небольшой (до 5 1/ч) кратностью воздухообмена:**

**а) наклонными струями в направлении рабочей зоны; б) сосредоточенно горизонтальными струями в верхнюю зону; в) методом «затопления» рабочей зоны приточным воздухом, выпускаемым через крупногабаритные перфорированные поверхности с высоты 4–6 м**

Кроме широко известных способов подачи воздуха, приведенных на рисунке 1, в сварочных цехах судостроительных и других предприятий в настоящее время также находит применение система РПВС (рециркуляционная приточно-вытяжная фильтро-вентиляционная установка). Над сварочными постами образуется облако сварочного аэрозоля с повышенной концентрацией вредных выделений. Через него подают горизонтальную плоскую струю, которая эжектирует вредные выделения. В конце развития из нее отбирают загрязненный воздух в количестве, равном расходу на истечение, очищают его и снова направляют в приточный воздуховод. За счет очистки удается уменьшить количество приточного воздуха, подаваемого в помещение.

В производственных помещениях сравнительно небольшой высоты ( $H < 8$  м) со значительным количеством фиксированных рабочих мест и кратностью, достигающей 20–30 1/ч, рекомендуются способы подачи воздуха, представленные на рисунке 2.

Основные характеристики воздухораспределительных устройств, используемых в схемах на рисунках 1, 2, приведены в работах [2, 12, 13].

Количество воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, при общеобменной вентиляции определяется по формулам:

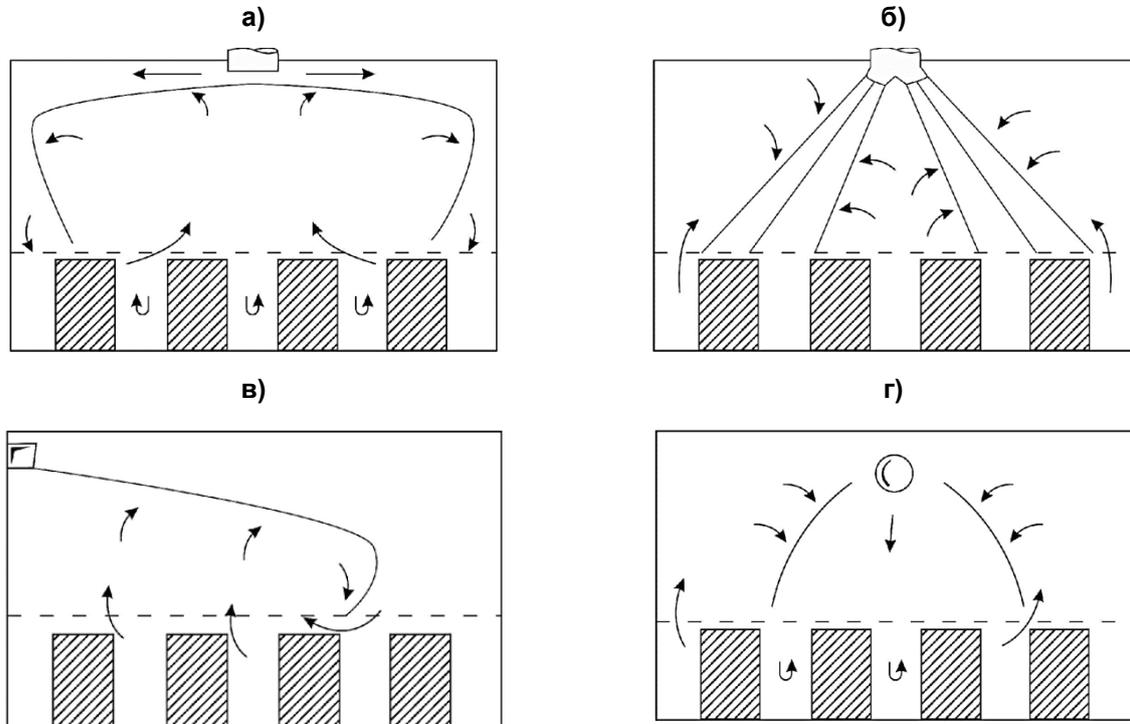
- для разбавления вредных паров, газов и пыли:

$$L = L_M \left( 1 - \frac{1}{k_z} \right) + \frac{G}{k_z (z_{p.3} - z_0)}, \quad (1)$$

- для поглощения избыточной теплоты:

$$L = L_M \left( 1 - \frac{1}{k_t} \right) + \frac{3,6Q}{ck_t (t_{p.3} - t_0)}, \quad (2)$$

где  $L_m$  – количество воздуха, удаляемого местной вытяжной вентиляцией,  $m^3/ч$ ;  $G$  – количество газовойделений, поступающих в помещение,  $мг/ч$ ;  $Q$  – количество избыточной теплоты,  $Вт$ ;  $t_{p.з}$  – средняя температура воздуха в рабочей зоне,  $^{\circ}C$ ;  $t_0$  – температура воздуха, подаваемого в помещение,  $^{\circ}C$ ;  $z_{p.з}$  – средняя концентрация вредных веществ в рабочей зоне,  $мг/м^3$ ;  $z_0$  – концентрация вредных веществ в воздухе, поступающем в помещение,  $мг/м^3$ ;  $c$  – объемная теплоемкость воздуха,  $кДж/(м^3 \cdot ^{\circ}C)$ ;  $k_t$ ,  $k_z$  – коэффициенты воздухообмена.



**Рисунок 2. Схемы подачи воздуха в цехах небольшой высоты (небольшого объема): а), б) сверху вниз веерными, коническими и компактными струями через воздухораспределители-плафоны; в) горизонтальными неполными веерными и компактными струями в верхнюю зону помещения через вентиляционные решетки; г) сверху вниз плоскими струями через перфорированные воздуховоды**

Коэффициенты воздухообмена, характеризующие связь между параметрами воздуха рабочей зоны и параметрами удаляемого воздуха, равны:

- при поглощении вредных паров и газов:

$$k_z = \frac{z_{yx} - z_0}{z_{p.з} - z_0}; \quad (3)$$

- при поглощении избыточной теплоты:

$$k_t = \frac{t_{yx} - t_0}{t_{p.з} - t_0}, \quad (4)$$

где  $t_{yx}$  – температура удаляемого воздуха,  $^{\circ}C$ ;  $z_{yx}$  – концентрация вредных веществ в удаляемом воздухе,  $мг/м^3$ .

Величины  $k_t$  и  $k_z$  зависят от взаиморасположения приточных и вытяжных отверстий, размещения источников выделения вредных веществ и способа подачи приточного воздуха в помещение. Расчет коэффициента воздухообмена изложен в справочнике проектировщика [12] и в методических рекомендациях [15]. Примерные величины  $k_t$  и  $k_z$  приведены в таблице 1.

Таблица 1. Ориентировочное значение коэффициента воздухообмена

Способ воздухораспределения	Коэффициент воздухообмена	
	по вредным парам и газам $k_z$	по теплоте $k_t$
Наклонными струями в направлении рабочей зоны	1,0	1,05
Сосредоточенно горизонтальными струями в верхнюю зону	0,85	0,9
Сверху вниз:		
веерными струями	0,9	0,9
коническими струями	1,0	1,1
компактными струями	1,0	1,15
плоскими струями	1,0	1,05
Горизонтально неполными веерными и компактными струями	1,0	1,05
Методом «затопления» рабочей зоны	1,2	1,2

При оценке эффективности системы организации воздухообмена следует руководствоваться не только величиной коэффициента воздухообмена  $k_t$ , но и величиной произведения  $k_t(t_{p,z} - t_o)$ , стремясь к ее максимуму [16].

Расчет воздухообмена и воздухораспределения следует производить комплексно, базируясь на закономерностях струйных течений с учетом особенностей их развития в вентилируемых помещениях (характеристик воздухораспределительных устройств, взаимодействия, стеснения и неизотермичности струй). Определение количества и типоразмеров воздухораспределителей зависит от условий обеспечения нормируемых значений скорости и температуры в рабочей зоне, равномерности скоростных и температурных полей, обеспечения расчетных схем циркуляции при подаче нагретого и охлажденного воздуха, эффективного использования приточного воздуха [2, 12, 15].

Проведение комплексных расчетов воздухообмена и воздухораспределения рекомендуется осуществлять с использованием разработанного программного комплекса «ПРИВОЗ-W» [17].

В случаях, когда использование инженерных методов для расчетов воздухообмена и воздухораспределения не представляется возможным, допускается применение численных методов расчета.

Рециркуляцию воздуха в системах вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления необходимо предусматривать согласно [4, 18].

Автомобильные и железнодорожные ворота, а также проемы для пропуска листов металла следует оборудовать воздушно-тепловыми завесами.

Локализацию холодных потоков воздуха, поступающих через неплотности у притворов ворот, предназначенных для вывоза крупногабаритных секций и судов, следует производить с помощью воздушных завес, использующих неподогретый воздух помещений и встроенных в полотно ворот.

Для предотвращения прорывания в рабочую зону ниспадающего вдоль наружных стен потока холодного воздуха рекомендуется предусматривать воздушную защиту рабочей зоны в цехах значительной высоты (> 8–10 м) [19].

Выбрасываемый в атмосферу воздух, содержащий вредные вещества, следует очищать. Для более интенсивного рассеивания в атмосфере остаточных количеств вредных веществ целесообразно предусматривать факельный выброс удаляемого воздуха.

В вентиляционно-отопительных системах следует, как правило, использовать вторичные энергетические ресурсы. Целесообразность их использования, выбор схем утилизации теплоты и теплоутилизационного оборудования должны быть обоснованы технико-экономическим расчетом.

В судостроительных цехах рекомендуется предусматривать воздушное отопление, совмещенное с приточной вентиляцией.

Результаты, изложенные в настоящей статье, использованы при разработке новой редакции основных положений по вентиляции и отоплению судостроительных цехов.

## Литература

1. Гримитлин М.И., Тимофеева О.Н., Эльтерман Е.М., Эльянов Л.С. Вентиляция и отопление цехов судостроительных заводов. Л.: Судостроение, 1978. 240 с.
2. Гримитлин М.И. Распределение воздуха в помещениях. СПб.: АВОК-Северо-Запад, 2004. 320 с.
3. ГОСТ 12.1.005–88. ССТБ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Госстандарт России, 2000.
4. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. М., 2004.
5. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
6. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. М.: «СТК Аякс», 2003.
7. ГН 2.2.5.1314-03. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. М.: СТК Аякс, 2003.
8. СНиП 23-01-99\*. Строительная климатология. М.: Госстрой России, 2003.
9. Местные отсосы // Внутренние санитарно-технические устройства. Справочник проектировщика. Часть 3. Кн.1. М.: Стройиздат, 1992. С. 170–186.
10. Местные вытяжные устройства к оборудованию для сварки и резки металлов: Методические указания по проектированию / ВНИИОТ, ВНИИЭСО. Л., 1980. 52 с.
11. Гримитлин А.М. Современные системы местной вытяжной вентиляции // В кн.: Пути повышения эффективности, экологической безопасности и энергосбережения в системах вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха промышленных предприятий. СПб.: АВОК-Северо-Запад, 2001. С. 23–24.
12. Организация воздухообмена и распределение воздуха в помещениях // Внутренние санитарно-технические устройства. Справочник проектировщика. Часть 3. Кн. 2. М.: Стройиздат, 1992. С. 114–150.
13. Гримитлин М.И., Позин Г.М., Тимофеева О.Н. [и др.] Вентиляция и отопление цехов машиностроительных предприятий. М.: Машиностроение, 1993. 288 с.
14. Гримитлин А.М., Кондрашов С.Ю., Позин Г.М. Модифицированный способ подачи воздуха методом «затопления» рабочей зоны // В кн.: Новое в теории и практике воздухораспределения в промышленных и общественных зданиях. Л., 1988. С. 49–52.
15. Позин Г.М. Определение количества приточного воздуха для производственных помещений с механической вентиляцией. Методические рекомендации. Л.: ВНИИОТ, 1983. 59 с.
16. Позин Г.М. О точности определения коэффициента воздухообмена // Вестник МГСУ. 2011. №7. С. 319–325.
17. Позин Г.М. О важности научно-обоснованного решения вопросов воздухораспределения // Материалы Второй Международной научно-технической конференции «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции», МГСУ. М., 2007. С. 141–144.
18. Гримитлин М.И., Позин Г.М., Гримитлин А.М. О рециркуляции воздуха, удаляемого системами местной вытяжной вентиляции // Материалы IV съезда АВОК. М., 1995. С. 159–164.
19. Гримитлин А.М. Энергосбережение в системах промышленной вентиляции. Автореф. дисс. д-ра техн. наук. СПб., 2002. 38 с.

*Александр Михайлович Гримитлин, Санкт-Петербург, Россия  
Тел. раб.: + 7(812)336–95–59; эл. почта: mail@ecoynurus.ru*

*Гари Мусеевич Позин, Санкт-Петербург, Россия  
Тел. раб.: +7(812)310–37–27; эл. почта: gpozin@mail.ru*

© Гримитлин А.М., Позин Г.М., 2013