



## ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ РАСЧЕТА СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

**Ботиров Т.В.** – Навоийский государственный горно-технологический университет, д.т.н., и.о. профессор кафедры «Автоматизация и управления», e-mail: [btv1979@mail.ru](mailto:btv1979@mail.ru), [Узбекистан](mailto:btv1979@mail.ru), **Арипов К.И.** – Навоийский государственный горно-технологический университет, магистр, Узбекистан

**Аннотация.** В нашем регионе трудовой быт очень сильно зависит от качественных систем кондиционирования воздуха как в летнее, так и в зимнее время года. В зависимости от температуры и чистоты воздуха в производственных помещениях, напрямую зависит качество и количество выпускаемой продукции, а также рабочий настрой сотрудников. В этой статье рассматриваются вопросы исследования систем механической вентиляции, а также в ней произведен расчет и проектирование искусственной вентиляции.

**Ключевые слова:** вентиляция, кондиционирование, производство, эффективность, труд

## SUN'IY SHAMOLLATISH TIZIMLARINI HISOBLASHNING BIR USULI HAQIDA

**Botirov T.V.** - t.f.d., Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, "Avtomatlashtirish va boshqarish" kafedrasini professori v.b., e-mail: [btv1979@mail.ru](mailto:btv1979@mail.ru), O'zbekiston, **Aripov K.I.** – Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, magistr, O'zbekiston.

**Annotatsiya.** Bizning mintaqamizda ish yozda ham, qishda ham yuqori sifatli konditsioner tizimlariga juda bog'liq. Ishlab chiqarish binolaridagi havo harorati va tozaligiga qarab, mahsulot sifati va miqdori, shuningdek, xodimlarning ish kayfiyati bevosita bog'liq. Ushbu maqolada mexanik shamollatish tizimlarini o'rganish masalalari ko'rib chiqiladi, shuningdek, sun'iy shamollatishni hisoblash va loyihalash amalga oshiriladi.

**Kalit so'zlar:** shamollatish, konditsionerlik, ishlab chiqarish, samaradorlik, mehnat.

## ABOUT ONE METHOD OF CALCULATION OF ARTIFICIAL VENTILATION SYSTEMS

**Botirov T.V.** – Navoi State Mining and Technological University, Doctor of Technical Sciences, Acting Professor of the Department of Automation and Control, e-mail: [btv1979@mail.ru](mailto:btv1979@mail.ru), Uzbekistan, **Aripov K.I.** – Navoi State Mining and Technological University, Master's degree, Uzbekistan

**Annotation.** In our region, work life is very much dependent on high-quality air conditioning systems both in summer and in winter. Depending on the temperature and cleanliness of the air in the production premises, the quality and quantity of products, as well as the working mood of employees, directly depend. This article discusses the issues of research of mechanical ventilation systems, as well as the calculation and design of artificial ventilation.

**Key words:** ventilation, air conditioning, production, efficiency, labor.

**Введение.** В создании наилучших условий труда, в обеспечении требуемых параметров микроклимата и чистоты воздуха в рабочем помещении исключительно важное значение имеет применение вентиляции.

Вентиляцией называется совокупность мероприятий и устройств, используемых при организации воздухообмена для обеспечения заданного состояния воздушной среды в помещении и на рабочих местах в соответствии со строительными нормами.

Вентиляционная система устанавливается во всех зданиях и помещениях независимо от их назначения. Более того, требования к системам вентиляции имеют силу закона и внесены в Строительные Нормы и Правила (СНиП) для жилых и нежилых зданий. Необходимость вентиляции обусловлена тем, что в любом



помещении, где находятся люди, скапливается углекислый газ, а на производстве – еще и вредные, зачастую токсичные примеси. Избыточная концентрация углекислоты и прочих загрязнений крайне негативно сказывается на здоровье и работоспособности людей. [1-3].

Наличие в производственных помещениях чистого и свежего воздуха – обязательная составляющая при обеспечении комфортных условий труда, т.к. повышенные концентрации в воздухе пыли, вредных паров и газов также негативно влияют на жизнедеятельность людей [4-5].

#### **Постановка цели задачи исследования.**

Искусственная вентиляция должна отвечать следующим санитарно-гигиеническим требованиям:

- создавать в рабочей зоне помещений нормированные метеорологические условия труда (температуру, влажность и скорость движения воздуха);
- полностью устранять из помещений вредные газы, пары, пыль и аэрозоли или растворять их до допустимых концентраций;
- не вносить в помещение загрязненный воздух снаружи или путем засасывания из смежных помещений;
- не создавать на рабочих местах сквозняков или резкого охлаждения;
- быть доступными для управления и ремонта во время эксплуатации;
- не создавать при эксплуатации дополнительных неудобств (например, шума, вибраций, попадания дождя, снега и т.д.)

Применение вентиляции должно быть обосновано расчетами, при которых учитываются температура, влажность воздуха, выделение вредных веществ, избыточное тепловыделение. При выделении вредных веществ в воздух рабочей зоны необходимый воздухообмен определяют исходя из условий их разбавления до ПДК, а при наличии тепловых избытков — из условий поддержания

#### **Назначение и виды искусственной вентиляции.**

Различают следующие виды вентиляции:

- **Естественная**
- **Искусственная (механическая)**

Искусственная вентиляция устраняет недостатки естественной вентиляции, т.к. естественная вентиляция, зависящая от температуры наружного воздуха и скорости ветра, не всегда может обеспечить нужный воздухообмен. При этом вентиляция происходит за счет использования специального оборудования – вентиляторов. Механические системы вентиляции используют электроэнергию, и чем сложнее и больше сама вентиляционная система, тем выше затраты электричества. Механическая вентиляция позволяет подавать в помещения и удалять из них требуемые количества воздуха, очищать его, нагревать или охлаждать. Механическая вентиляция, может быть, следующих видов:

**Приточная вентиляция.** Данная система служит для подачи свежего воздуха в помещение. Подаваемый в помещение воздух нагревается и очищается от пыли. Приточная система вентиляции подает воздух через воздухозаборное устройство, затем воздух проходит через калорифер, где он нагревается и вентилятором подается по воздуховодам в помещение через воздухораспределительные устройства (решетки, диффузоры). Загрязненный воздух вытесняется через двери и окна.

**Вытяжная вентиляция.** Данная система удаляет из помещения загрязненный воздух. В этом случае удаление воздуха из помещения происходит принудительно, а подача свежего воздуха происходит естественным образом через дверные или оконные проемы. Вытяжная вентиляция может устраиваться на рабочем месте или для всего помещения

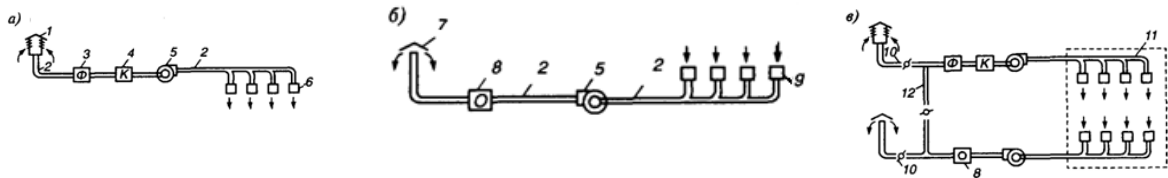
**Приточно вытяжная вентиляция** – это устройство по улучшению воздуха в помещении. Система данного устройства очень проста и весьма эффективна. Она удаляет загрязненный воздух, а обратно подает с улицы свежий. Также, в данную систему может быть включено дополнительное оборудование, которое сможет охладить, увлажнить или осушить воздух. Система приточно-вытяжной вентиляции основывается на создании двух встречных потоков. Такая система может быть создана либо на основе независимых подсистем притока и вытяжки воздуха - с собственными вентиляторами, или на основе одной установки, работающей как на приток, так и на вытяжку.

**Местная вентиляция.** Данная система предназначена для подачи свежего воздуха на определенные места - местная приточная вентиляция или для удаления отработанного воздуха из отдельных зон - местная вытяжная вентиляция. Местная вентиляция используется чаще всего на производстве. В квартирах примером местной вытяжной вентиляции может быть кухонная вытяжка.

**Общеобменная вентиляция.** Данная вентиляция предназначена для обеспечения вентиляции во всем помещении. Общеобменная вентиляция может быть приточной и вытяжной. Приточную общеобменную вентиляцию, необходимо выполнять с подогревом и фильтрацией воздуха. Общеобменная вытяжная вентиляция проще приточной и может состоять из вентилятора, установленного в окне или в отверстие в стене, если удаляемый воздух не требуется очищать.

При небольших объемах вентилируемого воздуха можно использовать естественную вытяжную вентиляцию, которая дешевле механической.

В промышленных зданиях часто необходимо взаимодействие вентиляционных систем нескольких типов, так как вредные выделения и их локализация могут сильно различаться в зависимости от назначения помещения [6,7].



**Рисунок 1. Схема приточной, вытяжной и приточно-вытяжной искусственной (механической) вентиляции: а — приточная; б — вытяжная; в — приточно-вытяжная; 1 — воздухоприемник для забора чистого воздуха; 2 — воздуховоды; 3 — фильтр для очистки воздуха от пыли; 4 — калориферы; 5 — вентиляторы; 6 — воздухораспределительные устройства (насадки); 7 — вытяжные трубы для выброса удаляемого воздуха в атмосферу; 8 — устройства для очистки удаляемого воздуха; 9 — воздухозаборные отверстия для удаляемого воздуха; 10 — клапаны для регулирования количества свежего вторичного рециркуляционного и выбрасываемого воздуха; 11 — помещение, обслуживаемое приточно-вытяжной вентиляцией; 12 — воздуховод для системы рециркуляции**

#### Расчет искусственной вентиляции.

Рассмотрим расчет требуемого воздухообмена ( $L \text{ м}^3/\text{ч}$ ), для очистки воздуха от вредных газов и с помощью механической общеобменной вентиляции.

Требуемый воздухообмен определяется по формуле:



$$L = \frac{G \cdot 1000}{x_v - x_n}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где: L, м<sup>3</sup>/ч - потребный воздухообмен;

G, г/ч - количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения;

x<sub>v</sub> мг/м<sup>3</sup> - предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения (согласно ГОСТ 12.1.005-88 по табл. 3);

x<sub>n</sub>, мг/м<sup>3</sup> - максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест (согласно СН-3086-84 по табл. 4).

Испарение вредных веществ обычно происходит при работе с лакокрасочными изделиями. Количество вредных веществ, выделяющихся в воздухе помещений можно определить по следующей формуле:

$$G = \frac{a \cdot A \cdot m \cdot n}{100}, \text{ г/ч}$$

где: a - средняя производительность по покраске одного рабочего: при ручной покраске кистью a=12 м<sup>2</sup>/ч; пульверизатором a=50 м<sup>2</sup>/ч.

A - расход лакокрасочных материалов, г/м<sup>2</sup>;

m- процент летучих растворителей, содержащихся в лакокрасочных материалах, %;

n - число рабочих, одновременно занятых на покраске.

Численные значения величин A и m определяются по (табл. 5).

В воздух помещения одновременно могут выделяться несколько вредных веществ, которые по действию на организм человека могут быть однонаправленными и разнонаправленными. Для однонаправленных веществ расчетные значения потребного воздухообмена суммируются, а для разнонаправленных веществ выбирается наибольшее значение потребного воздухообмена.

Для проверки соответствия требованиям устройства вентиляции определим кратность воздухообмена по формуле:

$$n = \frac{L_B}{V_n}; \text{ ч}^{-1}.$$

Если кратность воздухообмена не превышает десяти (n<10), то воздухообмен соответствует установленным требованиям. Если данное значение превышает установленную величину – 10 ч<sup>-1</sup>, то необходимо принять дополнительное решение по устройству вентиляции в помещении. Например, таким решением может быть применения местной вытяжной вентиляции [8-15].

**Таблица 1. Солнечная радиация через остекленную поверхность**

	Солнечная радиация, q <sub>ост</sub> , ккал/ч от стороны света и широты, град.															
	ЮГ				ЮГО-ВОСТОК ЮГО-ЗАПАД				ВОСТОК ЗАПАД				СЕВЕР, СЕВЕРО-ВОСТОК СЕВЕРО-ЗАПАД			
	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65
Окна с двойным остеклением и деревянными рамами	110	125	125	145	85	110	125	145	125	125	145	145	65	65	65	60



Окна с двойным остеклением и металлическими рамами	140	160	160	180	110	140	160	180	160	160	180	180	80	80	80	70
Фонарь с двойным остеклением и металлическим переплетом	130	130	160	170	110	140	170	170	160	160	180	180	85	85	85	70

**Таблица 2. Количество тепловыделений одним человеком при различной работе**

Категория тяжести работы		Количество тепловыделений $q_{л}$ , ккал/ч в зависимости от окружающей температуры воздуха			
		15 °С	20 °С	25 °С	30 °С
Легкая	I	100	70	50	30
Средней тяжести	II-а	100	70	60	30
	II-б	110	80	70	35
Тяжелая	III	110	80	80	35

**Таблица 3. Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест ( СН 3086-84)**

Наименование вредных веществ	ПДКм.р., мг/м <sup>3</sup>	ПДКс.с., мг/м <sup>3</sup>	Агрегатное состояние
Азота диоксид	0,085	0,04	п
Азота оксид	0,6	0,06	п
Акролеин	0,03	0,03	п
Амилацетат	0,10	0,10	п
Аммиак	0,2	0,04	п
Ацетон	0,35	0,35	п
Бензин (углеводороды)	5,0	1,5	п
Бензол	1,5	0,1	п
Бутан	200	-	п
Бутилацетат	0,1	0,1	п
Винилацетат	0,15	0,15	п
Дихлорэтан	3,0	1,0	п
Ксилол	0,2	0,2	п
Марганец и его соединения	0,01	0,001	а
Метилацетат	0,07	0,07	п
Мышьяк и его неорг. соединения	-	0,003	а
Озон	0,16	0,03	п
Пыль (кремнесодержащая - более 70 %)	0,15	0,05	а
Пыль нетоксичная (фиброгенного дей-я)	0,5	0,15	а
Ртут хлорид (сулема)	-	0,0003	а
Сажа	0,15	0,05	а
Свинец и его соединения	0,001	0,0003	а
Серная кислота	0,3	0,1	а



Наименование вредных веществ	ПДКм.р., мг/м <sup>3</sup>	ПДКс.с., мг/м <sup>3</sup>	Агрегатное состояние
Сернистый ангидрид	0,5	0,15	п
Сероводород	0,008	-	п
Сероуглерод	0,03	0,005	п
Спирт бутиловый	0,16	-	п
Спирт изобутиловый	0,1	0,1	п
Спирт метиловый	1,0	0,5	п
Спирт этиловый	5	5	п
Стирол	0,04	0,002	п
Толуол	0,6	0,6	п
Углерода оксид	5,0	3,0	п
Фенол	0,01	0,003	п
Фтористые соединения (газообразные)	0,02	0,005	п
Хлор	0,1	0,03	п
Хлористый водород	0,2	0,2	п
Этилацетат	0,1	0,1	п

п - пары и/или газы; а – аэрозоль

**Таблица 4. Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88)**

Наименование Вредных веществ	ПДК., мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Агрегатное состояние
Азота диоксид	2,0	3	п
Азота оксиды	5,0	3	п
Акролеин	0,2	2	п
Амилацетат	100	4	п
Аммиак	20	4	п
Ацетон	200	4	п
Бензин (углеводороды)	100	4	п
Бензол	15/5	2 к	п
Бутан	300	4	п
Бутилацетат	200	4	п
Винилацетат	10,0	4	п
Дихлорэтан	10,0	2	п
Ксилол	50,0	3	п
Марганец и его соединения (от 2-30 %)	0,1	2	а
Метилацетат	100	4	п
Мышьяк и его неорг. соединения	0,04/0,01	2	а
Озон	0,1	1	п
Пыль (кремнесодержащая - более 70 %)	1,5	4	а
Пыль нетоксичная (фиброгенного действия)	4,0	4	а
Ртут хлорид (сулема)	0,2/0,05	1	а
Сажа	4,0	3	а
Свинец и его соединения	0,01/0,005	1	а
Серная кислота	1,0	2	а
Сернистый ангидрид	10	3	п



Сероводород	10,0	3	п
Сероуглерод	1,0	3	п
Спирт бутиловый	10,0	3	п
Спирт изобутиловый	10,0	3	п
Спирт метиловый	5,0	3	п
Спирт этиловый	1000	4	п
Стирол	30/10	3	п
Толуол	50	3	п
Углерода оксид	20	4	п
Фенол	0,3	2	п
Фтористые соединения (газообразные)	0,5/0,1	2	п
Хлор	1,0	2	п
Хлористый водород	5,0	1	п
Этилацетат	200	4	п

Примечание: значение в числителе - максимально разовые; в знаменателе - среднесменные

**Таблица 5. Расходы лакокрасочных материалов на один слой покрытия изделий и содержание в них летучих растворителей**

Наименование лакокрасочных материалов/способ нанесения краски	Расход лакокрасочных материалов (А, г/м <sup>2</sup> )	Содержание летучей части (m, %)
<b>Нитролаки и краски</b>		
Бесцветный аэролак /кистью	200	92
Цветные аэролаки / распыление пульверизатором	180	75
Нитрошпаклевка /кистью	100-180	10-35
Нитроклей /кистью	160	80-85
<b>Масляные лаки и эмали</b>		
Окраска распылением	60-90	35

**Выводы:** На предприятиях, производственная деятельность которых связана с выделением вредных веществ, должны быть выполнены комплексы организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий, направленных на защиту работающих. Одним из действенных мер является применение систем вентиляции.

Правильно сделанный расчет и проектирование вентиляционных систем обеспечивает чистоты воздуха и заданных метеорологических условий в производственных помещениях. В результате этого в рабочей зоне создаются необходимые благоприятные условия воздушной среды. Следовательно, повышается производительность, сокращается количество профессиональных заболеваний. При проектировании искусственной вентиляции учитывают вредные и взрывопожароопасные свойства транспортируемого продукта, класс зоны в помещении, вид взрывозащищенного электрооборудования, обеспечивающего взрывопожаробезопасность. Наличие в производственных помещениях чистого и свежего воздуха - обязательная составляющая при обеспечении комфортных условий труда, т.к. повышенные концентрации в воздухе пыли, вредных паров и газов также негативно влияют на жизнедеятельность людей.

#### Список использованной литературы:

- [1]. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.



- [2]. СН 3086-84. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест
- [3]. Botirov, T. V., Latipov, S. B., & Buranov, B. M. (2020). About one synthesis method for adaptive control systems with reference models. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series, , 1515(2) doi:10.1088/1742-6596/1515/2/022078
- [4]. А.Н. Павлов, В. М. Кириллов. Безопасность жизнедеятельности и перспективы экоразвития. М.: «Гелиос АРВ», 2002.
- [5]. П. Н. Каменев, Е. И.Тертичник. Вентиляция М.; Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008.
- [6]. Igamberdiev, H. Z., & Botirov, T. V. (2021). Algorithms for the synthesis of a neural network regulator for control of dynamic objects doi:10.1007/978-3-030-68004-6\_60
- [7]. Е.Г. Лумистэ. Безопасность жизнедеятельности в примерах и задачах. Брянск, «Брянская ГСХА», 2010
- [8]. Yusupbekov, A. N., Sevinov, J. U., Mamirov, U. F., & Botirov, T. V. (2021). Synthesis algorithms for neural network regulator of dynamic system control doi:10.1007/978-3-030-64058-3\_90
- [9]. Botirov, T. V., Latipov, S. B., & Buranov, B. M. (2021). Mathematical modeling of technological process in formalin production. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series, , 2094(2) doi:10.1088/1742-6596/2094/2/022052
- [10]. Igamberdiev, X. Z., Botirov, T. V., & Latipov, S. B. (2022). Formalization of the problems of synthesizing adaptive control systems with reference models. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series, , 2388(1) doi:10.1088/1742-6596/2388/1/012051
- [11]. Jumaev, O. A., Nazarov, J. T., Sayfulin, R. R., Ismoilov, M. T., & Mahmudov, G. B. (2020). Schematic and algorithmic methods of elimination influence of interference on accuracy of intellectual interfaces of the technological process. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series, , 1679(4) doi:10.1088/1742-6596/1679/4/042037
- [12]. Botirov, T. V., Latipov, S. B., Buranov, B. M., & Barakayev, A. M. (2020). Methods for synthesizing adaptive control with reference models using adaptive observers. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, , 862(5) doi:10.1088/1757-899X/862/5/052012
- [13]. Jumaev, O. A., Nazarov, J. T., Makhmudov, G. B., Ismoilov, M. T., & Shermuradova, M. F. (2021). Intelligent control systems using algorithms of the entropic potential method. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series, , 2094(2) doi:10.1088/1742-6596/2094/2/022030
- [14]. Jumaev, O. A., Karpovic, D. S., & Ismoilov, M. T. (2022). Methods for digital signal processing and digital filter synthesis. Paper presented at the AIP Conference Proceedings, , 2656 doi:10.1063/5.0106311
- [15]. СС Тимофеева, ТВ Ботиров, МН Муцаев, АА Бобоев - Journal of Advances in Engineering Technology, 2021