Т. А. ФИАЛКОВСКАЯ

ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ ОКРАСКЕ ИЗДЕЛИЙ



Москва
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
1977

6П5
Ф48
УДК 628.83:621.795.3

Рецензенты инженеры А. А. Карпас, Г. К. Яковлев

Фиалковская Т. А.

Ф48 Вентиляция при окраске изделий. М., «Машиностроение», 1978.

182 с.

В книге рассмотрены вопросы организации рациональной вентиляции при окраске разнообразных изделий — от мелких деталей до вагонов и самолетов. Приведены требования к вентиляционным установкам при широко распространенных способах окраски (пневматическое распыление, нанесение в электростатическом поле и др.), а также при окраске новыми перспективными методами (струйный облив, электроосаждение и др.). Рассмотрены отдельные конструкции вентиляционных устройств, даны методы их расчета.

Книга предназначена для инженерно-технических работников машиностроительных предприятий, проектных и научно-исследовательских организаций. Она может быть также использована работниками санитарной службы и техническими инспекторами ЦК профсоюзов.

Ф $\frac{30102\text{-}290}{038(01)\text{-}77}$ 290-77 6П5

© Издательство «Машиностроение», 1977 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Окрасочные работы являются неотъемлемой частью общего технологического процесса изготовления изделий почти любой отрасли промышленности. Работы по нанесению на различные предметы (поверхности) лакокрасочных покрытий имеют назначение предохранить предмет от порчи (коррозии, гниения) и придать ему надлежащий вид.

Поверхности, подлежащие окраске, перед нанесением лакокрасочных покрытий соответствующим образом подготовляют. Подготовка состоит из очистки поверхности от загрязнения (ржавчины, пыли, старых слоев краски и др.) и обезжиривания; грунтовки — нанесения антикоррозийных покрытий, одновременно обеспечивающих хорошее сцепление краски с поверхностью; шпатлевки — выравнивания поверхности путем нанесения на нее (особенно в местах вмятин) специальной массы с последующим сглаживанием выступов и шероховатостей шкурением высохшей поверхности.

Окраска начинается, как правило, с нанесения грунтовочно-выявительного слоя, позволяющего обнаружить дефекты подготовленной поверхности, которые после этого устраняют. Заканчивается окраска двух- или трехслойным отделочным покрытием, разделенным периодами частичного или полного высыхания отдельных слоев.

В настоящее время в промышленности применяют различные способы окраски изделий при ручном или автоматизированном методах нанесения краски: окунание, обливание, распыление, электроосаждение и др. Наиболее широко распространена пневматическая окраска ручными распылителями.

Каждый маляр при ручном окрашивании обычно выполняет комплекс последовательно чередующихся операций по подготовке и окраске изделия. Исключение представляет окраска изделий при поточно-массовом производстве, на конвейерах. Здесь маляр производит только одну определенную операцию. При автоматизированных методах окраски рабочий выполняет роль оператора-наладчика.

Лакокрасочные материалы, подготовленные для нанесения, имеют вид вязких жидкостей и представляют собой пленкообразующие вещества (нитроцеллюлозу и естественные или искусственные смолы), растворенные в летучих жидкостях. Через некоторое время после нанесения летучая часть покрытия испаряется и на поверхности предмета остается защитная пленка. Во многих случаях пленка подкрашивается добавлением в составы покрытий пигментов (белил, свинцового сурика и кронов, сажи и др.).

Количество растворителя обусловливается физико-химическими свойствами отдельных ингредиентов. Для доведения лакокрасочных материалов до вязкости, соответствующей определенному способу нанесения, в них добавляют разбавители. Время полного испарения летучих веществ (высыхание изделий) составляет от 20 мин до нескольких суток и зависит от физико-химических свойств растворителей и разбавителей и условий сушки.

При проведении окраски и всех видов подготовительных работ воздух на рабочих местах и примыкающих к ним участках загрязняется парами летучих веществ, а при нанесении краски распылением и зачистке (шкуровке) поверхностей, кроме того, еще и красочной пылью, а также свинцом (при применении свинцовосодержащих покрытий). Иногда концентрации вредных веществ превышают предельно допустимые.

Большинство растворителей и свинец, содержащийся в пигментах, обладают токсическим действием и могут неблагоприятно воздействовать на человека, попадая в организм через дыхательные пути и всасываясь в кровь. Кроме того, при всех видах окраски может иметь место загрязнение кожи, вызывающее дерматиты. Поэтому малярные цехи относятся к вредным, в которых безопасные и благоприятные условия труда могут быть достигнуты лишь при применении рациональной технологии в сочетании с эффективными санитарно-техническими мероприятиями, из которых главным является устройство соответствующей вентиляции.

Особенностями устройства механической приточно-вытяжной вентиляции окрасочных цехов является то, что удаление загрязненного воздуха производится непосредственно от постов окраски или от окрасочного оборудования. При нанесении покрытия распылением отсасываемый воздух подвергается очистке от красочной пыли. Выбор и расчет применяемых конструкций вентиляционных отсосов производится в соответствии с организацией технологического процесса, методом окраски, составом лакокрасочных покрытий и характером окрашиваемых изделий.

Вентиляционные устройства установок автоматизированной окраски, позволяющие освободить человека от необходимости находиться в зонах высоких концентраций вредных веществ,

значительно отличаются от устройств для постов ручной окраски. Они проще и дешевле. Особо мощная вентиляция требуется для обеспечения необходимой чистоты воздуха на рабочих местах маляров при ручной пневматической окраске крупных изделий.

Расходы воздуха на вентиляцию, обеспечивающую благоприятные условия труда в малярных цехах, относительно велики и составляют на одно рабочее место 10 000—20 000 м³/ч. Если технология не предусматривает использование оборудования, оснащенного отсосом загрязненного воздуха, достичь требуемой чистоты воздушной среды средствами общеобменной вентиляции в малярных цехах не удается.

Для полной характеристики окрасочных производств следует добавить, что так как большинство растворителей являются легковоспламеняющимися жидкостями, то малярные цехи относятся к взрыво-пожароопасным или пожароопасным производствам.

Основное содержание книги составляет описание способов удаления с постов окраски и от окрасочного оборудования вредных выделений, загрязняющих воздушную среду малярных цехов. Материалом для выбора рациональной организации воздухообмена и исходных данных для проектирования вентиляционных устройств послужили результаты многолетних исследований автора во Всесоюзном центральном научно-исследовательском институте охраны труда ВЦСПС, начатых под руководством В. В. Батурина и В. В. Кучерука.

Большая часть исследований выполнена автором в производственных условиях совместно с гигиенистами (под руководством Т. Ф. Иванниковой) и химиками (под руководством Б. Е. Андронова). Основные аэродинамические измерения по изысканию рациональных вентиляционных решений выполнены В. В. Заусалиной. Многие исследования, связанные с оценкой безопасности применения новых технологических процессов окраски в период их освоения, проводились совместно с научно-производственным объединением «Лакокраспокрытие» при активном участии Р. М. Вовшиной.

Так как в производственных условиях обычно получают приближенные данные, не всегда поддающиеся обобщению, некоторые использованные в книге материалы, особенно касающиеся новых методов окраски, подлежат дальнейшей проверке и уточнению. По отдельным вопросам автор лишь намечает пути к их решению, например вентиляция при окраске вагонов и самолетов.

Здоровые условия труда в окрасочных цехах и особенно необходимая чистота воздуха в рабочей зоне могут быть достигнуты только общими усилиями.

Принимая во внимание отсутствие в литературе систематически изложенных вопросов вентиляции при окраске изделий,

автор надеется, что, несмотря на отдельные пробелы и недочеты, предлагаемый труд окажется полезным не только вентиляторщикам, но и технологам, техническим и санитарным инспекторам, профсоюзному активу и другим специалистам, занимающимся оздоровлением условий труда в окрасочных цехах.

Автор выражает благодарность своим коллегам за активное содействие в получении фактического материала, использованного в книге.

Отзывы и замечания просьба направлять по адресу: *Москва, Б-78, 1-й Басманный пер., д. 3*, издательство «Машиностроение».

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ ОКРАСКИ

1. ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ САНИТАРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Лакокрасочные материалы представляют собой многокомпонентные составы, которые при нанесении их на поверхность тонким слоем (30—100 мкм) образуют пленку, защищающую изделие от коррозии и придающую ему товарный вид.

Основными компонентами лакокрасочных материалов являются пленкообразователи, растворители и пигменты. Кроме того, в состав лакокрасочного материала могут входить пластификаторы, придающие пленке эластичность; сиккативы, ускоряющие процесс высыхания пленки; наполнители, порошкообразные вещества, добавляемые для увеличения прочности пленки и удешевления лакокрасочных материалов. Подготовленные для нанесения лакокрасочные материалы имеют вид вязких жидкостей.

В зависимости от входящих в состав пленкообразователей все лакокрасочные материалы делятся на группы: глифталевые, пентофталевые, меламинные, эпоксидные, нитроцеллюлозные, битумные, масляные и др.

Большинство пленкообразователей (природных и синтетических) является органическими веществами типа олигомеров или полимеров, не обладающих выраженными токсическими свойствами. Исключение составляют эпоксидные материалы. В их смолах содержится высокоопасное вещество — эпихлоргидрин. Вредность отдельных синтетических смол, содержащихся в лакокрасочных материалах, связана с наличием в них испаряющихся мономеров (формальдегида, изоцианатов и др.) или пластификаторов (трикрезилфосфата, аминов и др.). Пигменты, придающие пленке цвет, представляют собой природные или искусственные соли металлов (охра, железный сурик, цинковые или свинцовые белила, крон и др.), металлические порошки (алюминиевая пудра и др.) или углерод (сажа). Все свинцовосодержащие пигменты (сурик, свинцовые белила, лимонный крон и др.) являются высокотоксичными веществами. Они могут оказать большой вред при попадании в организм человека через дыхательные пути, например, вместе с твердыми частицами краски, витающими в воздухе, во время

нанесения покрытий распылением, при сухой зачистке окрашиваемых поверхностей и т. д.

Из пластификаторов, которые предназначены для придания пленке эластичности, токсическими свойствами обладают крезилфосфат, савол и дибутилфталат. Процентное содержание пластификаторов в твердой части невелико (3—10%).

Растворители применяют для разведения лакокрасочных материалов до состояния, пригодного для нанесения, — рабочей вязкости. Вязкость лакокрасочного материала является одним из основных показателей, характеризующих его качество и способность наноситься тем или иным методом. В лакокрасочной промышленности условной вязкостью называют продолжительность истечения (в секундах) материала через колиброванное сопло (d=4 мм) резервуара определенного объема при температуре 20° С. Применяемый в настоящее время прибор ВЗ-4 для измерения вязкости называется вязкозиметром. Допустимые колебания температуры материала при измерении составляют 18—23° С. Рабочая вязкость, выбираемая в соответствии с наносимым материалом и методом покрытия, лежит в пределах 15—100 с (по ВЗ-4). В качестве растворителей (их также называют разбавителями, разжижителями) применяют многокомпонентные и реже однокомпонентные органические растворители, представляющие собой летучие легковоспламеняющиеся, бесцветные жидкости со свойственными им специфическими запахами. Наибольшее распространение среди растворителей имеют ксилол, толуол, сольвент, уайт-спирит, ацетон, ацетаты, спирты.

В табл. 1 приведены основные данные, характеризующие физико-химические свойства растворителей.

По температуре кипения различают растворители низкокипящие (с температурой кипения ниже 100° С), среднекипящие (100—150° С) и высококипящие (выше 150° С). Чем выше температура кипения растворителей, тем меньше их летучесть — быстрота испарения; от степени летучести зависит концентрация их в воздухе и активность распространения. При определении летучести за единицу принимается летучесть этилового эфира. Следовательно, величина, определяющая степень летучести растворителя, показывает, во сколько раз данный растворитель испаряется медленнее этилового эфира. По этому признаку вещества разделяются на легколетучие с летучестью ниже 7 — ацетон, бензол, бензин, толуол; среднелетучие с летучестью 7—35, к которым относятся все остальные, приведенные в таблице растворители, и труднолетучие с летучестью выше 35. Труднолетучие вещества, даже если они обладают высокой токсичностью, могут представлять меньшую опасность для отравления, чем менее вредные вещества с высокой летучестью.

Физико-химические свойства растворителей

Таблица 1

Растворители	Температура кипения, °С	Температура вспышки, °С	Плотность при 20 °С, кг/м³	Плотность паров (плотность воздуха)	Растворяемые вещества: целлюлоза	Растворяемые вещества: смолы	Растворяемые вещества: масла и жиры	Относительная летучесть (этиловый эфир=1), %	Предельно допустимая концентрация, мг/м³	Класс опасности
Амилацетат $CH_3COOC_5H_{11}$	148	+25	0,877	4,5	+	—	+	13	100	4
Ацетон CH_3COCH_3	56,24	—18	0,7908	2,0	+	+	+	2,1	200	4
Бензол C_6H_6	80,1	—11	0,879	2,77	+	+	+	3,0	5	2
Бензин	—	—17	0,72	—	+	+	+	3,5	300	4
Бутилацетат $CH_3COOC_4H_9$	126,1	+29	0,870	4	+	+	+	11,8	200	4
Бутиловый спирт $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	117,5	+34	0,8098	2,6	—	+	+	33	10	3
Ксилол $C_6H_4(CH_3)_2$	139,1	+29	0,855	3,66	—	+	+	13,5	50	3
Сольвент-нафта	120—180	+34	0,880	2	—	+	+	27	100	4
Толуол $C_6H_5CH_3$	110,6	+4	0,867	3,2	+	+	+	6,1	50	3
Уайт-спирит	147—200	+43	0,770	—	—	+	+	5,2	300	4
Этилацетат $CH_3COOC_2H_5$	77,1	+2	0,881	3,04	+	+	+	29	200	4
Этиловый спирт CH_3CH_2OH	78,37	+13	0,789	1,8	—	+	+	8,3	1000	4

Многокомпонентные растворители представляют собой смесь отдельных растворителей (от 2 до 8) с преобладающим содержанием одного из них. При этом часто технологический регламент допускает замену этого компонента другим, сходным по своей физико-химической характеристике, например, толуолксилолом и т. д.

Таблица 2

Состав распространенных многокомпонентных растворителей

ЛКМ	Растворитель	Компоненты	Содержание по массе, %
Перхлорвиниловые	Растворитель (Р-4) (ГОСТ 7827—74)	Бутилацетат Ацетон Толуол	12 26 62
Нитроцеллюлозные, нитроглифталевые, эпоксидные, мочевино-меламиноформальдегидные, молотковые	Растворитель № 646 (ГОСТ 18188—72)	Бутилацетат Этилцеллозольв Ацетон Бутиловый спирт Этиловый спирт Толуол	10 8 7 15 10 50
Алкидно-акриловые, фенольные	—	Уайт-спирит Ксилол	50 50
Масляные эмали и битумные лаки	Растворитель РС-2 (МРТУ 6—10—952—70)	Уайт-спирит Ксилол	70 30
Меламино-мочевино- и фенолоформальдегидные	Растворитель РКБ-1 (ТУ 6—10—994—70)	Ксилол Бутиловый спирт	50 50

В табл. 2 приведены составы нескольких многокомпонентных растворителей, наиболее широко распространенных в промышленности.

Сухой остаток лакокрасочных материалов (ЛКМ) — нелетучая часть лакокрасочных покрытий — состоит в основном из пленкообразователей, пластификаторов, пигментов и наполнителей, которые в сумме могут составлять от 15 до 85% общей массы ЛКМ. В ЛКМ, подготовленных к нанесению распылением — наиболее распространенным в промышленности методом окраски — основную массу (50—80%) составляют растворители.

В последнее время в промышленности стали применяться водоразбавляемые ЛКМ, которые наносятся различными способами. Такие материалы содержат органические растворители до 25%; в составах, наносимых методом электроосаждения, количество органических растворителей не превышает 5%. Выбор того или иного лакокрасочного материала производится в зависимости от назначения покрытия, так как составы определяют их свойства. Покрытия могут быть атмосферостойкими, химически стойкими, водостойкими, термостойкими, электроизоляционными и т. д.

Все лакокрасочные материалы подразделяются на грунтовки, шпатлевки, краски (эмали) и лаки. Первым слоем на изделия наносят грунты. Они обеспечивают прочную адгезию (сцепление) с поверхностью изделия и с последующими слоями покрытия. Обладают хорошими антикоррозийными свойствами благодаря специально подбираемым применительно к условиям эксплуатации пигментам.

Шпатлевки наносят для выравнивания поверхности. Они имеют относительно высокую вязкость вследствие большого содержания наполнителей и пигментов. Для получения отделочных покрытий применяют краски, приготовленные на лаках, — эмали или на олифах (масляные краски). Лаки-пленкообразователи, растворенные в органических веществах, наносят на изделия для придания им блеска.

По качеству все покрытия подразделяются на VII классов (ГОСТ 9·032—74) [6]. Наивысший класс покрытия I. Подготовленные к нанесению лакокрасочные покрытия характеризуются помимо физико-химических свойств определенной вязкостью.

Все применяемые органические растворители обладают токсическим действием различной степени и, попадая в организм человека в основном через дыхательные пути и всасываясь в кровь, могут оказать вредное воздействие на работающих. В результате систематического раздражающего действия растворителей на кожу она становится сухой, шелушится и трескается.

Наиболее токсичными среди летучих веществ являются ароматические углеводороды (толуол и ксилол), которые наряду с сольвентом (представляющим собой сложную смесь главным образом ароматических углеводородов) служат основными составляющими большинства растворителей.

Наименее вредным растворителем является уайт-спирит.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) красочной пыли, считая по сухому остатку, составляет 5 мг/м³ [19]. При содержании в краске свинцовых пигментов или эпоксидных смол ПДК красочной пыли будет определяться присутствием в ней свинцовых соединений или эпихлоргидрина, концентрация которых в воздухе производственных помещений, считая по сухому остатку красочного аэрозоля, не должна превышать

указанных в санитарных нормах (0,01 мг/м³ по свинцу и 1 мг/м³ по эпихлоргидрину).

По степени воздействия на организм человека, как видно из табл. 1, большинство растворителей по СН-245-71 относится к 4-му классу малоопасных [18].

Повышенные против допустимых нормами концентрации вредных выделений и в первую очередь ароматических углеводородов и свинца, оказывая неблагоприятное воздействие на человека, вызывают прежде всего функциональные нарушения центральной нервной системы (астению, вегетоневроз, астеновегетативный синдром), которые часто предшествуют изменениям состава крови.

Клиника хронических отравлений в начальной стадии при малярных работах в промышленности характеризуется повышенной утомляемостью, возбудимостью, раздражительностью, общей слабостью, головокружением, головной болью [43]. Кроме того, при всех видах окраски может иметь место загрязнение кожи открытых участков тела и в первую очередь рук, что в некоторых случаях (например, при применении пековых смол) вызывает дерматиты.

Подробная характеристика токсичности и характер воздействия на организм человека отдельных веществ, входящих в состав наиболее распространенных лакокрасочных материалов, применяемых в машиностроении, приводится в приложении 3 и 4 «Правил и норм техники безопасности, пожарной безопасности и производственной санитарии для окрасочных цехов» [15].

2. СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Кистевая окраска. Данный способ окраски является наиболее простым и универсальным. Преимуществами этого способа нанесения являются незначительные потери лакокрасочного материала и отсутствие необходимости в специальном сборудовании. Однако кистевая окраска является малопроизводительной и в настоящее время применяется в промышленности как исключение при небольшом объеме работ: для различных подкрасок, например временной подкраски, вызванной аварийными ситуациями, и т. д. Кистью можно наносить любой лакокрасочный материал.

Окрашивание окунанием. Окраска окунанием (погружением) осуществляется в стационарных ваннах, куда краску подают насосом, а при малом объеме работ заливают вручную.

Ванны с краской обычно возвышаются над уровнем пола приблизительно на 0,8 м или при расположении ниже этого уровня ограждаются барьером высотой не менее 0,8 м. В зависимости от объема производства и габаритов изделий их погружение в ванну осуществляют вручную, с помощью пневмо-

и электроподъемников или на подвесных конвейерах с непрерывным или периодическим движением транспортной цепи.

При применении непрерывных конвейеров используют ванны окунания большой длины, так как конвейер над ванной должен иметь спуск и подъем (рис. 1). При конвейерах перио-

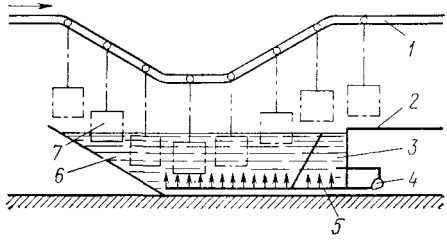


Рис. 1. Ванна для окраски окунанием:
1 — подвесной конвейер непрерывного действия; *2* — лоток сточный; *3* — отделение забора краски; *4* — насос; *5* — подача краски; *6* — ванна с краской; *7* — изделие

дического действия во время останова осуществляется автоматический подъем ванны или опускание изделия, что позволяет ограничить размер ванны размерами изделия. Достоинствами данного метода являются простота установок и незначительные затраты труда, недостатками — невозможность окраски изделий, имеющих «карманы», и применения быстросохнущих лакокрасочных материалов, а также невысокий класс покрытий и повышенная пожароопасность установок.

Окрашивание валками. При редко применяемом в промышленности механизированном способе окрашивания валками нижняя часть вращающегося валка, погруженная в ванну с краской, захватывает ее и наносит на проходящее под или над валком плоское изделие. Достоинство метода — высокая производительность валковых машин, недостаток — ограниченность ассортимента окрашиваемых изделий.

Пневматическое распыление. При пневматическом распылении лакокрасочный материал, захватываясь из емкости воздушной струей, распыляется, образуя факел красочного аэрозоля с углом раскрытия 60°. Струя смеси краски с воздухом на выходе из сопла, имеющая звуковую скорость 330 м/с (при обычно применяемом давлении воздуха выше 2 ати) быстро теряет скорость, которая у окрашиваемой поверхности на расстоянии 300—400 мм от сопла на оси составляет около 10—15 м/с.

Нанесение краски производится краскораспылителем, к которому подводится краска и сжатый воздух. Сжатый воздух под давлением 2—5 кгс/м^2 подается от компрессора (через масловодоотделитель). Подача краски производится по трубам или от красконагнетательного бачка под давлением 0,2—2,5 кгс/м^2. Иногда для краски в конструкции самого краскораспылителя предусматривается емкость (стаканчик).

Краскораспылители предназначены для нанесения лакокрасочных материалов с условной вязкостью не более 50 с по вязкозиметру ВЗ-4 при температуре 18—23° С. Большинство подготовленных к нанесению пульверизационным способом (без подогрева) лакокрасочных материалов содержит в своем составе 40—60% летучих растворителей, а нитрокраски 70—90%. Краскораспылители изготовляют с соплами различного диаметра (от 1,5 до 2,5 мм) с условной производительностью от 100 до 500 м² окрашиваемой поверхности в час и расходом краски 15—30 кг/ч.

Наиболее распространенными в промышленности являются краскораспылители КРУ-1 (рис. 2) и КРУ-2, которые заменили ранее выпускавшиеся менее производительные распылители

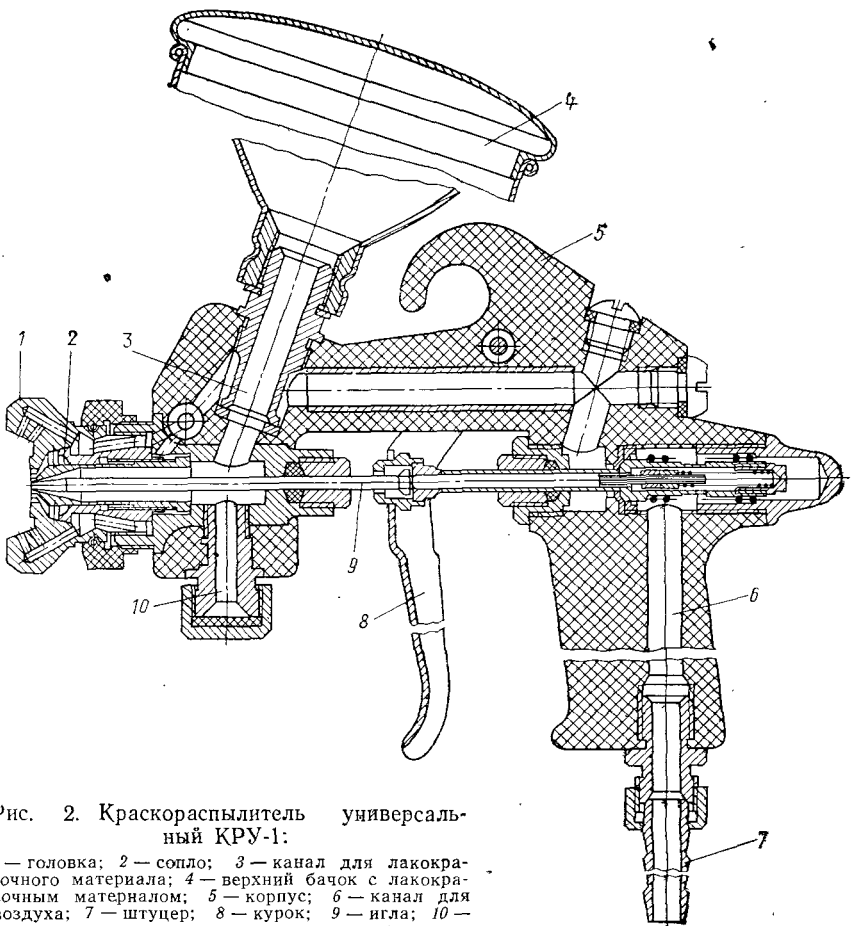


Рис. 2. Краскораспылитель универсальный КРУ-1:

1 — головка; *2* — сопло; *3* — канал для лакокрасочного материала; *4* — верхний бачок с лакокрасочным материалом; *5* — корпус; *6* — канал для воздуха; *7* — штуцер; *8* — курок; *9* — игла; *10* — канал для лакокрасочного материала при централизованной подаче

КР-10 и КР-20. Высокопроизводительными краскораспылителями являются распылители ЗИЛ, работающие на повышенном давлении воздуха (4,5—5 кгс/м²). Однако все они выполнены по одной конструктивной схеме и различаются между собой количеством отверстий для воздуха в головке, формирующих факел распыленной краски (круглый, плоский); местом расположения штуцеров для подачи краски и др.

Кроме того, существуют краскораспылители особого назначения, например распылитель КА-1 с пневматическим оттягиванием иглы для автоматической окраски изделий на поточных линиях и др.

Техническая характеристика распылителей основных типов с указанием оптимальных режимов их работы приведена в табл. 3.

При работе краскораспылители следует держать перпендикулярно к окрашиваемой поверхности на расстоянии около 250—400 мм от нее.

Пневматическим распылением могут наноситься материалы всех типов на изделия любого размера и почти любой конфигурации. Получаемые покрытия относят к первому, наивысшему по качеству классу [6]. Поэтому данный метод является универсальным, наиболее широко распространенным в промышленности.

К недостаткам метода относятся большие потери ЛКМ на туманообразование (в среднем 20—30%, в отдельных случаях до 70%) и, следовательно, значительный их удельный расход; большие расходы растворителя для разведения краски до рабочей вязкости; необходимость применения окрасочных камер, оборудованных специальными относительно мощными вентиляционными устройствами с очисткой удаляемого воздуха; наиболее значительные расходы электро- и тепловой энергии на приточную вентиляцию.

Специальными исследованиями установлено, что фактическую величину потерь краски на туманообразование (в воздушную среду) можно снизить путем правильного выбора параметров технологических режимов (в зависимости от вида лакокрасочного материала) до 10—15% при пневматическом нанесении, т. е. можно уменьшить потери приблизительно в 2 раза [8].

Следует иметь в виду, что при распылении эмалей на основе полимеризационных смол и эфиров целлюлозы потери их на 30% выше, чем при распылении эмалей на основе конденсационных смол.

Безвоздушное распыление. Сущность метода состоит в том, что лакокрасочный материал подается к соплу распылителя под высоким давлением (40—250 кгс/см) и распыляется без помощи сжатого воздуха. Создание мелкодисперсного факела достигается за счет резкого падения давления (до атмосфер-

Таблица 3

Техническая характеристика краскораспылителей основных типов[1] [14]

Марка краскораспылителя, питание краской	Диаметр сопла, мм	Масса, кг	Давление воздуха, кгс/см²		Ширина отпечатка плоского факела, мм	Расход краски, кг/ч	Расход воздуха, м³/ч	Условная[2] производительность, м²/ч	Потери на туманообразование, %	Назначение
			на распыление	на краску						
КРУ-1 внешнего смешивания, от краснонагнетательного бака	1,8	0,63	2—4,0	0,2—1	300—450	26	5—10	320—360	18—20	Окрашивание изделий любой конфигурации при среднем объеме работ
То же, от стаканчика	1,8	0,74	3,5—4,5	—	250—300	18—20	10—14	200—300	20	То же
КР-20	1,8 2,5	—	3,0 3,5	0,5 0,5	190 260	—	8,9 11,6	140—160 180—220	15—17 15—17	Получение высококачественных покрытий на любых поверхностях при больших объемах работ
КР-10 внешнего смешивания, от стаканчика 0,5 л	1,8	0,65	2,5—3	—	до 150	15—16	8—11	100—120	14—17	Окрашивание изделий любой конфигурации при малых и средних объемах работ
ЗИЛ—внешнего смешивания, от красконагнетательного бака	1,5	0,7	4,5—5,0	2—2,5	400—500	30—32	20,0	400—500	18—20	Окрашивание любых изделий при большом объеме работ
КА-1 внешнего смешивания, автоматический[3]	2,5	1,1	3—4,5	0,5—2	до 300	35	20—22	250—350	до 24	Для автоматического окрашивания при среднем объеме работ

[1] Режимы приведены для нитроцеллюлозных материалов (так как они содержат наиболее летучие растворители) и применимы для основных групп лакокрасочных материалов.

[2] При непрерывной работе.

[3] В комплект с краскораспылителем КА-1 входят пять сопел диаметрами 1,5; 1,8; 2; 2,2; 2,5 мм.

ного) лакокрасочного материала при выходе его из сопла. Лакокрасочный материал может быть нагрет до 40—100° С (безвоздушное распыление с нагревом лакокрасочного материала) и наноситься под давлением 40—100 кгс/см² или при температуре окружающего воздуха 18—25° С наноситься под давлением 100—250 кгс/см² (безвоздушное распыление без нагрева лакокрасочного материала, применяемое в основном для защитных покрытий).

Малый размер отверстий применяемых сопел требует тщательной подготовки и фильтрации лакокрасочного материала с оставлением лишь мелкодисперсных частиц (до 15 мкм) пигмента. Качество окраски зависит от правильности выбора технологических режимов нанесения (состава покрытия, его вязкости, рабочего давления). Производительность установок в зависимости от размера сопла распылителя составляет 300—1200 г/мин.

Метод рекомендуется для окраски средних, крупных и особокрупных деталей и изделий I и II групп сложности. Он обеспечивает покрытия не выше IV класса отделки.

По сравнению с пневматическим распылением этот метод имеет следующие преимущества: уменьшаются на 20—35% потери на туманообразование, вследствие чего сокращается удельный расход лакокрасочных материалов; сокращается на 15—25% расход растворителей на доведение составов до рабочей вязкости, так как применяются более вязкие системы; сокращается время окраски и повышается производительность труда в 1,5—2 раза, благодаря возможности нанесения меньшего числа слоев покрытия.

Установки выполняют в виде переносного или передвижного комплекта оборудования, состоящего из красконагнетательного насоса, краскораспылителя и шлангов, рассчитанных на высокое давление (рис. 3, *а*). Метод требует тонкого перетира пигментов, входящих в состав лакокрасочных материалов, предназначенных для нанесения безвоздушным распылением. Иначе краскораспылители быстро засоряются, что нередко приводит к отказу от использования этого метода. Подверженность сопла краскораспылителя засорению связана с его относительно малыми размерами. Меньший размер эллиптического отверстия сопла (рис. 3, *б*) составляет 0,2 мм.

Электроручное распыление. В настоящее время в отечественной промышленности большой ассортимент лакокрасочных материалов наносится ручными электроокрасочными установками различных типов. Наиболее эффективен этот метод при окраске мелких изделий любой конфигурации и изделий типа сеток, *решеток*.

Метод электроокраски основан на переносе заряженных частиц в электрическом поле высокого напряжения, которое создается между двумя электродами, находящимися под раз-

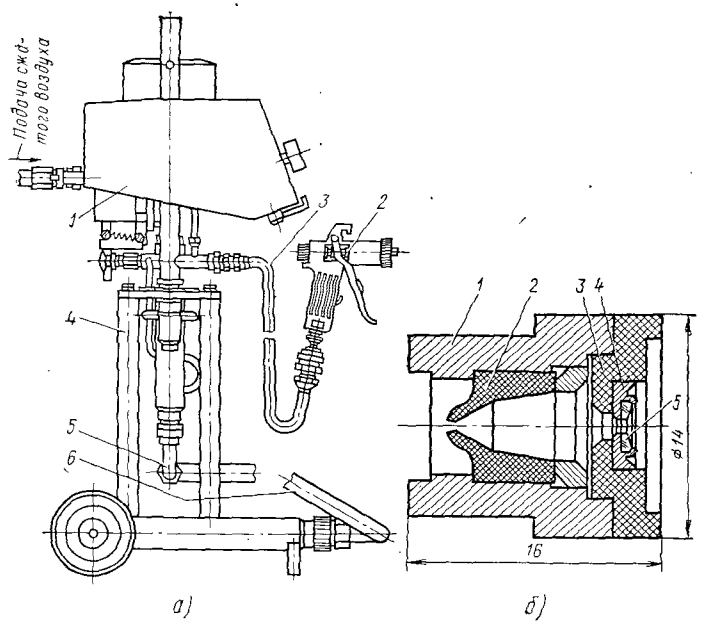


Рис. 3. Установка безвоздушного распыления «Радуга-0,63 П»:

а — общий вид установки: *1* — насос НП 0,63—200; *2* — краскораспылитель КРБ-1; *3* — шланг высокого давления ШВД-200; *4* — подставка; *5* — патрубок; *6* — всасывающий шланг с фильтром; *б* — распыляющее устройство: *1* — корпус; *2* — сопло; *3* — оправки; *4* — держатель; *5* — камень часовой

ными потенциалами. Одним из электродов является окрашиваемое изделие, а другим (отрицательным) — распыляющее устройство, к которому подается высокое напряжение и лакокрасочный материал.

В промышленности получили распространение два типа установок. В установках первого типа распыление лакокрасочного материала, перенос и осаждение заряженных частиц краски на изделие осуществляются в основном за счет сил электрического поля; второго типа — за счет сочетания электрического поля и механических сил.

Распыление краски в первом случае осуществляется центробежными распылителями: чашечными, грибковыми, дисковыми и др.; во втором — пневмо- и гидростатическими распылителями.

Электроручные установки бывают переносного и передвижного типа; они состоят из пистолета-распылителя, дозирующего устройства (красконагнетательный бачок и др.), источника высокого напряжения, кабеля для подвода высокого напряжения к распылителю, шлангов для краски и воздуха.

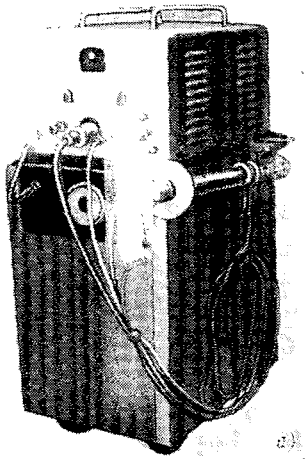
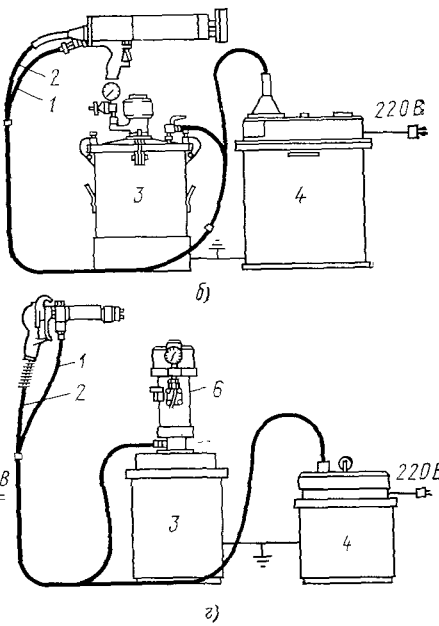


Рис. 4. Установки электроручного распыления:

а — общий вид установки; *б—г* — схемы установок; *б* — с механическим распылением; *в* — с пневматическим распылением; *г* — с безвоздушным распылением; *1* — подача краски; *2* — подача высокого напряжения; *3* — бачок с краской; *5* — подача сжатого воздуха; *6* — насос



В промышленности применяют следующие электроокрасочные установки (рис. 4, *а*, *б*, *в*, *г*): с механическим (центробежным) распылением (УЭРЦ-4, ПЭРУ-3), с пневматическим распылением (УЭРЦ-4, 18-Э-130), с гидравлическим (безвоздушным) распылением (УГЭР-1, УГЭР-2, УГЭРП).

Использование в технологическом процессе постоянного тока высокого напряжения (напряжение выше 1000 В; ток до 10 мА) обусловливает повышенные требования к обеспечению пожаро- и электробезопасности при работе с ручными электроокрасочными установками.

При применении ручных электроокрасочных установок возможны загрязнение воздушной среды рабочей зоны парами растворителей и красочным аэрозолем, имеющим электрозаряд, а также электризация окружающей воздушной среды и пред-

метов (оборудования). Степень электризации воздушной среды и окружающих предметов (оборудования) зависит от конструкции применяемой установки, физико-химических свойств материалов, из которых изготовлено оборудование, а также от условий для отвода образующихся зарядов (заземление, влажность воздуха).

Основным преимуществом ручной электроокраски перед автоматизированной является маневренность, т. е. возможность поместить распылитель в любое положение относительно окрашиваемого изделия при сравнительно простом изменении параметров процесса. Ручные электрораспылители целесообразно применять в единичном производстве для мелкосерийных изделий.

Окраска с помощью роботов. Окраска с помощью роботов, которые заменяют человека, может проводиться одним из методов распыления, описанных выше. Применение роботов позволяет автоматизировать процесс нанесения лакокрасочных покрытий и возможно при серийном изготовлении однотипных изделий простой конфигурации, окрашиваемых на конвейере. Их применение не обеспечивает высокого класса покрытий, но зато не связано с большими затратами. Поэтому целесообразность их использования ограничена случаями окраски, при которых создаются особо неблагоприятные условия труда для человека и в то же время нет необходимости сооружать сложные, дорогостоящие автоматизированные установки, например, при грунтовке днищ легковых автомобилей, при окраске платформ и бортов грузовых автомобилей и т. п.

Электростатическая окраска. Принцип окраски в электростатических камерах тот же, что и в установках электроручного нанесения. Однако в камерах используется значительно более высокое напряжение. В камерах применяют также центробежные распылители, в которых перенос частиц краски осуществляется под влиянием только электрических сил, и распылители, в которых используются электрическое поле и механические силы.

Особенности установок стационарной электроокраски с пневмо- и гидроэлектростатическими распылителями позволяют использовать разбавители марки РЭ, являющиеся менее пожароопасными, чем ранее применявшиеся. В камерах, оборудованных такими краскораспылителями, должна предусматриваться увеличенная зона окраски, чтобы расстояние между окрашиваемым изделием и стенками камеры составляло 0,8—1 м.

НПО «Лакокраспокрытие» разработало для камер стационарной электроокраски два усовершенствованных пневмоэлектростатических распылителя: вихревой пневмоэлектростатический (РВПЭ) производительностью 20—150 г/мин и электропневматический КЭП-2 производительностью 100—

300 г/мин [8]. Распылитель РВПЭ предназначен в основном для окраски изделий с помощью широкого плоского факела с малыми скоростями. Распылитель КЭП-2 дает направленный факел с высокой скоростью полета частиц краски и обеспечивает окрашивание изделий сплошной конфигурации. Его работа сопровождается бо́льшими потерями лакокрасочного материала, чем работа распылителя РВПЭ.

Разработана стационарная электроокрасочная установка дистанционного управления УСЭД-1 с безвоздушным распылением лакокрасочного материала с помощью краскораспылителей КЭД-1, предназначенная для окраски изделий I и II групп сложности. Производительность установки (с двумя распылителями) 800—1200 г/мин.

При окраске в камерах изделия движутся по конвейеру, проходя через камеру, в которой создается электрическое поле высокого напряжения. Отдельные электрораспылители или их группы, закрепленные на подвижных держателях, совершают вертикальный или горизонтальный путь, рассчитанный на прокраску всей поверхности изделий (рис. 5). Управление распылителями часто осуществляется с помощью фотоэлементов. Возможность входа в камеру при работе установки исключается устройством специальной блокировки.

Достоинствами данного метода электроокраски являются сокращение потерь ЛКМ (которые составляют не свыше 10%) за счет значительного осаждения распыленной краски на поверхность изделия и сокращение расхода ЛКМ вследствие равномерности слоя покрытия; полная автоматизация процесса окраски. К недостаткам метода относятся невозможность окраски изделий сложной конфигурации, имеющих глубокие впадины и сложные сопряжения, а также внутренние поверхности, что часто приводит к дополнительному подкрашиванию; необходимость установления относительно сложной и дорогой аппаратуры; требование строгого соблюдения режимов окраски и проведения контроля физико-химических и электрических параметров лакокрасочных материалов и их составляющих, а также требований техники безопасности.

Качество окраски в электрическом поле зависит от диэлектрических свойств лакокрасочного материала и режима окраски.

Выпускаемые лакокрасочные материалы не всегда обладают свойствами, необходимыми для распыления в электрическом поле, получение которых достигается путем введения в лакокрасочный материал соответствующих растворителей или их смесей.

Для правильного ведения технологического процесса окраски изделий необходимо строго соблюдать режимы окраски и проводить контроль физико-химических и электрических параметров лакокрасочных материалов и их составляющих, а так-

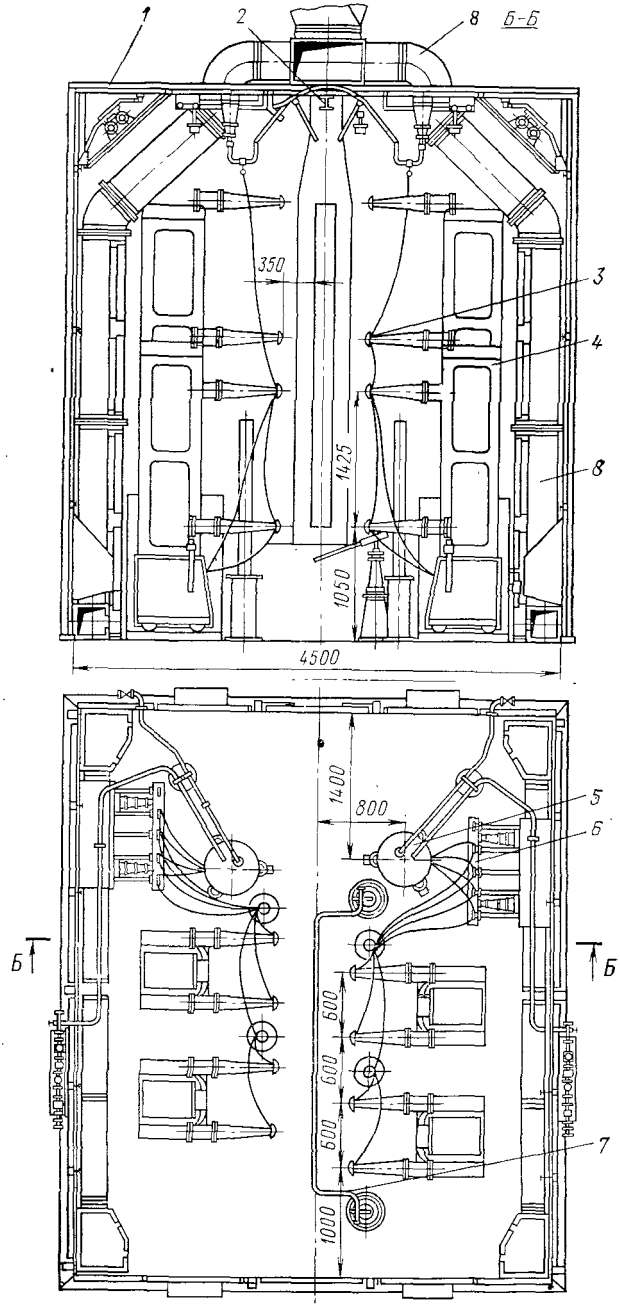


Рис. 5. Камера электростатической окраски:

1 — корпус камеры; *2* — подвесной конвейер; *3* — краскораспылители; *4* — механизм качания краскораспылителей; *5* — бак с лакокрасочным материалом; *6* — дозирующее устройство; *7* — отклоняющий электрод; *8* — вытяжные воздуховоды

же поддерживать постоянные параметры воздушной среды в камере. Из всех автоматизированных средств нанесения краски стационарные электроокрасочные установки получили в Советском Союзе наиболее широкое распространение. Они применимы и экономичны при непрерывной окраске большого количества однотипных изделий.

Окраска струйным обливом или окунанием с выдержкой в парах растворителей. Сущность метода струйного облива состоит в том, что изделия, продвигаясь по подвесному конвейеру, поступают в тоннель, где они в одном определенном месте (в зоне облива) подвергаются обливу струями краски. Облив осуществляется из системы сопел, краска к которым подается насосом. Окраска изделий может производиться вместо облива погружением их в ванну с лакокрасочным материалом, т. е. окунанием. Свежеокрашенные изделия, следуя по конвейеру, определенное время (10—15 мин) выдерживаются в парах растворителей, в так называемом «паровом» тоннеле, где поддерживаются регулируемые высокие концентрации растворителя (10—20 г/м^3).

Насыщенность атмосферы тоннеля парами растворителя замедляет процесс его испарения из пленки на поверхности изделия и тем самым создает благоприятные условия для стекания излишков лакокрасочного материала под действием силы тяжести, адсорбции паров растворителей на поверхности пленки, снижающей поверхностное натяжение, благодаря чему лакокрасочный материал «не схватывается», а равномерно, без подтеков распределяется по поверхности изделия.

В установках используют обычные лакокрасочные материалы на органических растворителях, в основном двухкомпонентных (сольвент — уайт-спирит, сольвент — ксилол). В последнее время начали применять установки, работающие на водоразбавляемых материалах, в которых содержится относительно небольшое количество спиртов — в пределах 14—20% общей массы. Установки позволяют автоматизировать процесс нанесения покрытия; производить окраску на одной линии с подготовкой поверхности и сушкой; уменьшить удельные потери лакокрасочных материалов; получать однослойные утолщенные покрытия (толщиной до 40 мкм) V—VII классов; увеличить производительность окрасочных работ за счет отделки изделий простой, средней и сложной конфигурации с большой плотностью навески их на конвейере; улучшить санитарно-гигиенические условия труда; повысить культуру производства.

К недостаткам метода относятся невозможность многоцветной окраски одного изделия, необходимость больших производственных площадей; повышенный расход растворителей; применение специальных мер для защиты от выбивания паров растворителей из открытых проемов установки.

Ниже приведены достоинства методов струйного облива по сравнению со следующими методами:

Окунанием	Пульверизацией	Электроокраской
Лучшее прокрашивание внутренних ходов	Уменьшение расхода краски на 50% и более	Большая равномерность нанесения
Уменьшение расхода краски на 15—25%	Улучшение качества пленки	Возможность окраски различных изделий на одном конвейере
Улучшение качества покрытия	Само нанесение дешевле на 25%	
Простота замены краски		

Методы окраски струйным обливом и окунанием применимы для грунтования и окраски изделий в серийном и массовом производстве, в особенности на автоматизированных окрасочных линиях. Наиболее целесообразно применять эти методы для грунтования изделий, так как они дают возможость на одной конвейерной линии одновременно наносить слой грунта на несколько изделий различной конфигурации.

Изделия с глубокими карманами, внутренними закрытыми полостями в установках струйного облива и окунания окрашивать нельзя, если не обеспечить сток излишек краски из этих полостей.

Установка струйного облива (УСО) представляет собой конвейерный проходной тоннель (металлический каркас с обшивкой листовой сталью) сварной конструкции; состоит из входного и выходного тамбуров, зоны облива с системой красоподачи, парового тоннеля, вентиляционных систем и пульта управления. Установка приподнята над полом на стойках.

Существенную роль в работе данных установок играет вентиляция. Она должна обеспечивать стабильность концентрации паров растворителей в паровом тоннеле установки в пределах, обусловленных технологическими требованиями, и содержание паров растворителей около проемов установки на уровне или ниже предельно допустимых концентраций при наименьшем уносе их в атмосферу.

Окраска электроосаждением. Процесс образования покрытия при электроосаждении заключается в осаждении на поверхности изделия частиц лакокрасочного материала из водного раствора под воздействием электрического тока. При этом окрашиваемый предмет, являющийся анодом, погружается в ванну, корпус которой представляет собой катод. При пропускании через ванну постоянного тока краска равномерно осаждается на поверхности изделия. Участки поверхности, находящиеся в зоне максимальной плотности тока, окрашиваются благодаря возрастанию изолирующего действия уже образо-

вавшегося покрытия. При этом равномерное покрытие образуется даже на изделиях сложной конфигурации. Для удаления частиц лакокрасочного материала, которые прилипают в процессе окунания, окрашенную поверхность смывают дистиллированной водой и сушат горячим воздухом. Метод применяют в основном для нанесения грунтовочных покрытий.

Ванна электроосаждения размещается в тоннеле, боковые стенки которого имеют остекление. Входной и выходной проемы полностью открыты для прохода конвейера с навешенными изделиями.

Вдоль ванны предусмотрена рабочая площадка для обслуживания установки во время ее бездействия.

Вход в тоннель при подаче напряжения на ванну исключается устройством соответствующей блокировки.

Для электроосаждения применяют водоразбавляемые лакокрасочные материалы, представляющие собой композиции, состоящие из пленкообразующих, пигментов и летучей части, в которой основную долю по объему занимает вода с добавками в виде органических растворителей, аминов и др. в количестве не более 5%.

Лакокрасочные материалы, предназначенные для окраски электроосаждением, могут выпускаться в виде паст с содержанием сухого остатка в количестве 50—75%, которые разбавляют до рабочего состава непосредственно при их применении на заводах.

В настоящее время отечественной промышленностью выпускаются два вида покрытий — грунт и эмали.

Линия электроосаждения состоит из трех установок: установки для подготовки поверхности, установок электроосаждения и сушильной, связанных одним транспортным конвейером.

Линии электроосаждения обычно располагают в сборочных цехах в общем потоке производства. Источниками выделения вредных веществ являются открытые поверхности лакокрасочных материалов в ваннах электроосаждения и свежеокрашенные изделия, подвешенные на конвейере. Хотя ванны располагаются в тоннелях, как правило, оборудованных вытяжной вентиляцией, однако воздух из тоннеля часто выходит в помещение цеха через открытые проемы, а также через имеющиеся неплотности в ограждении.

Кроме того, процесс приготовления рабочих составов, который производится вручную, также может сопровождаться выделением вредных веществ, так как используются концентрированные исходные материалы.

Достоинствами метода электроосаждения являются равномерность толщины покрытия, прокрашиваемость труднодоступных мест, отсутствие пор в покрытии, возможность полной автоматизации процесса; малые потери ЛКМ; почти полное

отсутствие вредных выделений; значительно меньшая, чем при других способах окраски, опасность пожара и взрыва.

Недостатками метода являются получение лишь тонких однослойных покрытий на токопроводящей поверхности, необходимость в больших производственных площадях; более высокие по сравнению с другими методами капитальные затраты на оборудование.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ И РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ СПОСОБОВ ОКРАСКИ

Классификация многочисленных методов окраски, применяющихся в промышленности, представлена на рис. 6 в виде схемы.

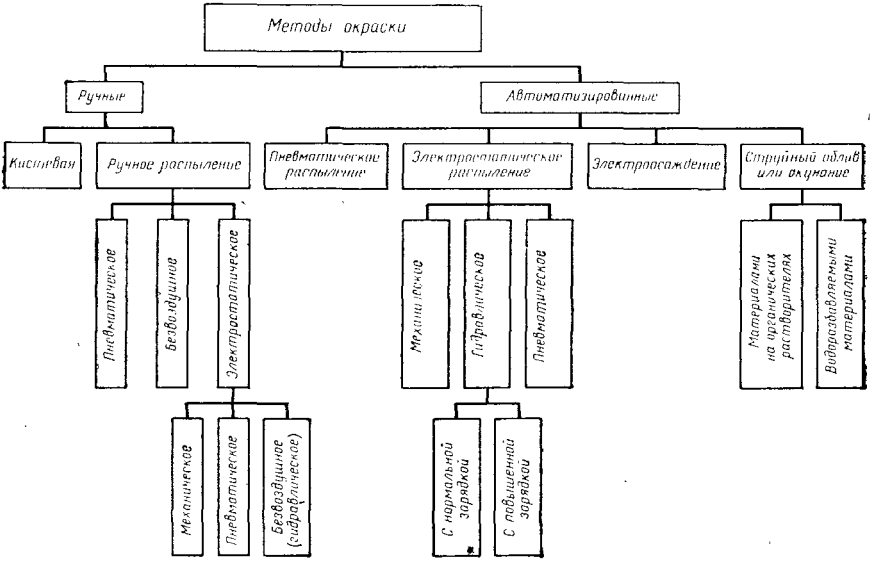


Рис. 6. Классификация методов окраски, применяющихся в промышленности

Наличие вариантов отдельных методов окраски свидетельствует о развитии данного метода, о разработке новых принципов нанесения покрытия в пределах метода, усовершенствовании технологического оборудования (применении распыления путем резкой потери давления ЛКМ при выходе из сопла; способности краски приобретать электрический заряд) и т. д.

Основной целью разработок является сокращение потерь ЛКМ при сохранении качества покрытия. Перспективным в этом отношении является применение высоковязких составов

(содержащих до 95% нелетучих веществ), наносимых в подогретом состоянии, а также порошковых и водоразбавляемых материалов. Исследования в этом направлении являются важными и в отношении уменьшения загрязненности воздушной среды как производственных помещений, так и атмосферы.

Несмотря на многочисленность методов окраски и непрерывную разработку новых методов, наиболее распространенным остается ручное пневматическое распыление. Благодаря универсальности и простоте метода пневматическими краскораспылителями в настоящее время наносится около 70% покрытий. Прогнозы на будущее показывают, что такое соотношение сохранится и на ближайшие годы. Среди других методов окраски для покрытий невысокого качества массовой продукции большое место занимают и будут занимать методы струйного облива и окунания, а для высококачественных покрытий — окраска с помощью электростатических стационарных установок.

Глава 2. САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВА

1. СРАВНИТЕЛЬНАЯ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ ОКРАСКИ

Выбор средств обеспечения благоприятных условий труда в окрасочных цехах и, в частности, особенности устройства вентиляции определяются санитарно-техническими характеристиками методов окраски, а точнее качественными и количественными показателями, характеризующими потери лакокрасочных материалов в воздушную среду. Остановимся в первую очередь на потерях за счет испарения летучих веществ с поверхности свежеокрашенных изделий.

Процесс испарения летучих составляющих из пленок лакокрасочных покрытий специально исследовался Е. М. Эльтерманом в Ленинградском институте охраны труда ВЦСПС [44, 45] с целью определения загрязнения растворителями воздушной среды помещений. Методы определения количества вредных выделений при высыхании свежеокрашенных изделий приведены в книге на основании этих исследований.

Испарение растворителей со свежеокрашенных поверхностей происходит неравномерно. При высыхании лакокрасочных материалов образуется пленка, толщина которой со временем увеличивается. Эта пленка препятствует испарению, уменьшая скорость выделения летучих составляющих. Количество выделяющихся растворителей с единицы поверхности можно определить по формуле (г/м^2)

$$b = B(1 - e^{-K\tau}), \text{ где}$$

B — полное количество растворителя в г, содержащегося в лакокрасочном покрытии на 1 м^2 поверхности; K — общий коэффициент, характеризующий интенсивность испарения растворителя из данного лакокрасочного покрытия определенной толщины при данных метеорологических условиях; τ — время высыхания с момента нанесения, мин.

Исследования показали, что общий коэффициент K существенно зависит от физико-химических свойств лакокрасочного материала, от температуры t и скорости движения воздуха v вблизи высыхающей поверхности, от расположения поверхности в пространстве (вертикально, горизонтально), а также от толщины слоя покрытия q. Влияние влажности воздуха φ в диапа-

зоне температур 0—25° С несущественно и им можно пренебречь.

Рассмотрим каждый из перечисленных факторов в отдельности.

Физико-химические свойства материала учитываются с помощью коэффициента K_{20}, который характеризует количество растворителя, выделяющегося из данного лакокрасочного материала при неподвижном воздухе, имеющем температуру 20° С и влажность 50%, при нормальной толщине слоя покрытия (около 23—35 мкм). Значения коэффициента K_{20} для некоторых материалов, полученные экспериментальным путем, приведены в табл. 4. Коэффициент K_{20} может быть определен по формуле

$$\tau_{20} = \frac{4,5}{\tau_{\text{п}}},$$

где $\tau_{\text{п}}$ — время высыхания лакокрасочного материала от пыли, мин; его значение для некоторых материалов приведено в стандартах и технических условиях на эти материалы.

Экспериментальные коэффициенты K_t и K_v, принимаемые по графикам рис. 7, позволяют внести поправки на скорость испарения при температуре и подвижности воздуха, соответствующих условиям высыхания покрытия. Коэффициент K_q, который принимается по графику рис. 8 в зависимости от удельного расхода материала на 1 м² поверхности, позволяет учесть увеличенную толщину покрытия, если необходимо определить скорость испарения, например, с поверхности разлитого материала. Коэффициент K_r учитывает расположение поверхности и принимается для вертикальной поверхности $K_r=1$, для горизонтальных, направленных вверх (пол) $K_r=0,7$ и направленных вниз (потолок) $K_r=1,3$. Таким образом, общий коэффициент

Таблица 4

Значение коэффициента K_{20} для некоторых лакокрасочных материалов

ЛКМ	Марка	K_{20}
Грунт	ФЛ-03	0,04
	ГФ-020	0,10
	ВЛ-08	0,10
	ВЛ-02	0,15
	ХС-010	0,25
Краска	ХС-52	0,20
	ХС-720	0,20
	ПФ-218	0,04
	ПФ-115	0,04
Эмаль	ПФ-223	0,04
	АЛ-70	0,05

$$K = K_{20}K_tK_vK_\varphi K_qK_r.$$

Для определения общего количества растворителя (г), улетучивающегося с поверхности F (м²) в заданное время τ при

значениях общего коэффициента $K \leqslant 0{,}1$ Е. М. Эльтерман предложил пользоваться формулой

$$G = MBF,$$

при этом M следует определять по графику рис. 9 в зависимости от общего коэффициента K.

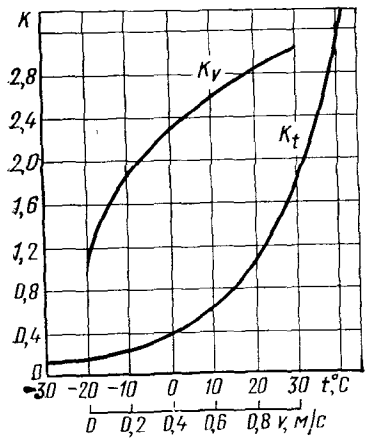


Рис. 7. График для определения коэффициентов K_t и K_v

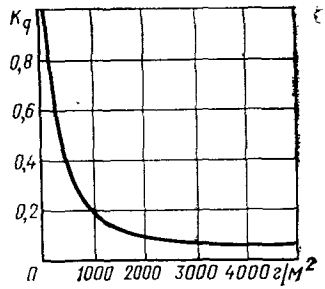


Рис. 8. График для определения коэффициента K_q

С использованием приведенных выше данных по формуле (1) вычислено количество испаряющихся растворителей в % от общего содержания в нанесенном покрытии за первые 40 мин после нанесения покрытия для грунта ВЛ-02 и эмали ПФ-115 при $t = 20°$ С, $v = 0{,}2$ м/с, $q = 35$ мкм. Результаты представлены графически на рис. 10. Из рисунка видно, что за первые 8 мин из грунта улетучивается почти весь растворитель (90%) — кривая *1*. За то же время с поверхности эмали испаряется всего лишь 45% растворителя (кривая *2*), а 90% растворителя испаряется за 31 мин.

Приведенные данные по испарению могут быть использованы лишь для определения загрязненности воздушной среды при высыхании лакокрасочных материалов или при их нанесении кистевым методом.

С целью определения степени загрязнения воздушной среды в зависимости от применяемого метода распыления Всесоюзным центральным научно-исследовательским институтом охраны труда (ВЦНИИОТ) были проведены специальные лабораторные исследования, которые заключались в следующем.

В проходной камере размером в плане 2500×2400 мм, высотой 3000 мм с рабочим проемом 3000×2400 мм проводилась окраска серии пластин размером 150×800 мм, подвешенных

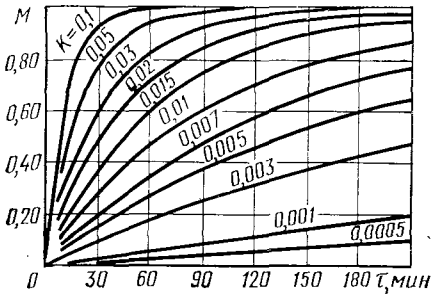


Рис. 9. График для определения коэффициента M

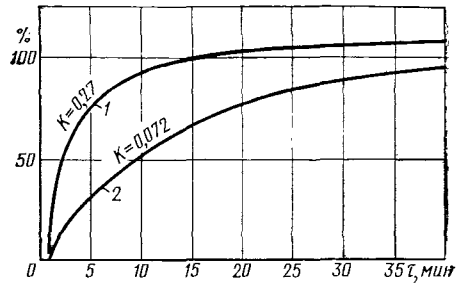


Рис. 10. Кривая интенсивности испарения растворителей:
1 — для грунта ВЛ-02; *2* — для эмали ПВ-115

на конвейере. На изделия различными методами распыления наносились грунт ВЛ-03-Ж и эмаль М4-13, разведенные растворителем РКБ-1. При этом выдерживались строго постоянные условия окраски и точно определялся общий расход лакокрасочных материалов.

Камера с боковым отсосом, расположенным напротив рабочего места, была оборудована осевым вентилятором $d=1000$ мм, производительность которого в период исследования составляла 10 000 м³/ч. При этом в рабочем проеме создавалась скорость всасывания около 0,25 м/с.

Во время работы распылителей, которые закреплялись в рабочем проеме на стойке на высоте 1,5 м, отбирались пробы воздуха одновременно на рабочем месте и в воздухоприемном отверстии на содержание в нем красочной пыли и паров ксилола (доминирующего растворителя).

Концентрации красочной пыли и паров растворителей в удаляемом воздухе были использованы для определения потерь лакокрасочного материала за счет распыленной краски, не попавшей на изделия, и испаряющегося со свежеокрашенной поверхности растворителя. Эти потери определялись как произведение концентраций на объем удаленного воздуха, т. е. по количеству красочной пыли и паров растворителя, уносимых вентиляционным воздухом.

Полученные результаты дают приближенное значение потерь, обусловленное неточностью измерений расходов краски, объемов вентиляционного воздуха и концентраций. Кроме того, потери растворителей даются только по одному доминирующему компоненту (ксилолу). Поэтому приведенные данные могут быть использованы в основном как относительные, дающие сравнительную характеристику различных методов нанесения.

Составить представление о санитарной характеристике методов на основании концентраций на рабочем месте не представилось возможным, так как абсолютные значения их были очень малы и поэтому неточность их определения очень велика. Однако анализы показали, что при окраске в емкой камере простых, небольших, плоских изделий методами ручного распыления достаточно создать устойчивый поток воздуха от рабочего в глубь камеры со скоростью 0,25 м/с, чтобы вредные выделения почти не загрязняли зону его дыхания. Обнаруженные здесь концентрации красочной пыли и ксилола были весьма незначительны и находились на уровне фоновых. На основании результатов исследований составлена табл. 5, характеризующая относительное количество вредных выделений — красочного аэрозоля и ксилола (доминирующего растворителя), поступающих в воздушную среду во время окраски методами ручного распыления.

Приведенное в табл. 5 количество вредных выделений указано в процентах от характерной для данного метода производительности, при которой методы обычно применяются.

Однако только процентное значение выделяющихся вредностей не может дать полную санитарно-техническую характеристику метода окраски, так как сам расход лакокрасочных материалов в зависимости от метода различен. Поэтому в графах 5 и 6 табл. 5 приведено значение вредных выделений

Таблица 5

Относительное количество вредных выделений, поступающих в воздушную среду при окраске методами ручного распыления

Применяемый метод распыления	Производительность, г/мин	Количество вредных выделений, поступающих в воздушную среду			
		в % от производительности		в г/мин	
		красочная пыль	пары доминирующего растворителя	красочная пыль	пары доминирующего растворителя
1	2	3	4	5	6
Пневматический	600	30	25	180	150
Безвоздушный	800	2,5	23	20	180
Гидроэлектростатический	800	1,0	25	8	200
Пневмоэлектростатический	300	3,5	20	10	60
Электростатический . .	100	0,3	50	0,3	50

Примечание. При производительности, отличающейся от указанной в графе 2, данные граф 5 и 6 могут быть пересчитаны с учетом другой производительности.

в граммах в минуту. Это количество и определяло бы в конечном итоге степень загрязненности воздушной среды, если бы вентиляционные отсосы не удаляли воздух с мест окраски в атмосферу.

Следует отметить, что наиболее неблагоприятные условия создаются при пульверизационном нанесении, когда воздушная среда загрязняется красочным аэрозолем в значительно большей степени, чем при других методах распыления. Загрязнение воздуха парами растворителей в основном зависит от расхода лакокрасочных материалов. Электростатический метод нанесения при механическом распылении, характеризующийся наименьшей производительностью и почти отсутствием красочной пыли, является наиболее благоприятным в санитарно-гигиеническом отношении. Подобные же данные были получены другими исследователями, что видно из табл. 6, взятой из книги Р. Я. Штеренгарца [43].

Таблица 6

Сравнительные данные по загрязнению воздушной среды при различных методах окраски

Метод окраски	Оборудование	Концентрация красочного аэрозоля, мг/м³
Пульверизационный	Краскораспылитель О-45	139
Гидравлический	Аппарат ОКУ-2	12,6
То же	Аппарат УБРХ-2	27,5
Электрокраска	Аппарат УЭРЦ-1	0,41

Примечание. Приведены средние концентрации по результатам анализа 2—18 проб воздуха.

Данные табл. 5 могут быть использованы при назначении расчетных скоростей всасывания в открытые проемы окрасочных камер и расчетных объемов вентиляционного воздуха для различных постов ручной окраски распылением.

Для санитарно-технической характеристики методов нанесения и составов покрытий представляют интерес данные фирмы Дюрр (ФРГ), являющейся мировым поставщиком лакокрасочного оборудования. Представители этой фирмы считают, что тщательным выбором методов и составов покрытий можно добиться существенной экономии на расходе лакокрасочных материалов и уменьшения загрязнения воздушной среды. Потери лакокрасочных материалов, свойственные отдельным методам нанесения и составам покрытий, представлены графически на рис. 11. На диаграмме дана экономическая характе-

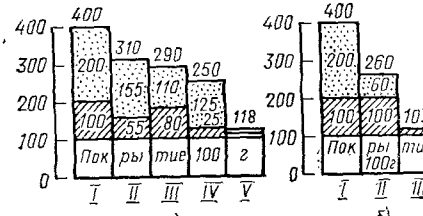


Рис. 11. Сравнительная экономическая характеристика методов нанесения и составов лакокрасочных покрытий:

а — сравниваемые методы нанесения: *I* — пневматическое распыление; *II* — безвоздушное распыление; *III* — горячее распыление; *IV* — электростатическое распыление; *V* — электроосаждение; *б* — сравниваемые лакокрасочные материалы: *I* — обычные лаки; *II* — водорастворимые лакокрасочные материалы; *III* — порошковые материалы.

Условные обозначения: потери летучих веществ — точки; потери твердых веществ — штриховые линии

ристика методов нанесения покрытий, указан абсолютный расход лакокрасочных материалов. При этом фирмой даются следующие пояснения.

Если окрашивается, например, деталь с поверхностью 2 м² при толщине слоя 30 мкм, то твердых веществ на образование красочной пленки идет примерно 100 г, в то время как общий расход лакокрасочного материала составляет 300 г, при этом 100 г твердых веществ (при 50%-ой потере материала) и 200 г растворителя (при 50%-ой доле в мокрой краске) теряются в виде красочного шлама или рассеиваются в воздухе.

При безвоздушном распылении потери на образование красочного тумана меньше, чем при пульверизационном распылении, так как поток сжатого воздуха с содержащейся в нем долей краски отсутствует. Величина потерь составляет в данном случае примерно 35%.

При ручном пульверизационном нанесении краска в большей мере уходит с вытяжным воздухом, чем остается на кузове. Потери в воздушную среду сокращаются приблизительно на 30%. При подогреве краски до 60—80° С сокращается расход растворителей на 40% (при пневматической окраске потери составляют 50%, а при безвоздушной 35%). При электростатическом распылении потери составляют 20%.

Сочетание электростатического метода нанесения краски с безвоздушным еще эффективнее, так же как и использование подогретой краски.

Особенно экономичны автоматические установки распыления с программным, точно приспособленным к изделиям управлением.

Наибольшую экономию материала дают установки электрофореза. Так, при рекуперации потери составляют всего лишь 15%. Применение водорастворимых лаков фирма считает перспективным, особенно с точки зрения охраны труда.

Водорастворимые лаки на основе растворенных смол содержат 10—30% органических растворителей. Водорастворимые лаки на дисперсионной основе содержат 1—5% растворителей,

но они имеют ограниченную пригодность. Ближайшей целью фирма ставит создание водорастворимых лаков с содержанием органических растворителей до 5% (45% воды, 50% твердых веществ).

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВА И УСЛОВИЙ ТРУДА

В связи с тем, что растворители являются легковоспламеняющимися жидкостями, а почти все лакокрасочные покрытия — горючими веществами, окрасочные цехи следует относить к категории взрывопожароопасных (А или Б) или пожароопасных (В) помещений. Категория взрывопожароопасности определяется технологами в зависимости от свойств применяемых лакокрасочных материалов и их количества (см. табл. 1 СНиП II-М. 2-72).

Необходимые расчеты для определения категории помещения выполняются в соответствии со специальными методическими указаниями СН 463—74 [20], а также ведомственными указаниями. При расчетах исходят из аварийной ситуации, когда имеют место серьезные повреждения оборудования, связанные с возможостью выхода взрывопожароопасных веществ в воздух помещения: разрыв емкости с лакокрасочными материалами, краскопровода, испарение растворителя с окрашиваемой поверхности при отключенной вентиляции и др.

В качестве расчетного принимается наиболее неблагоприятный вариант, при котором объем взрывоопасной смеси будет наибольшим. Допускается не принимать во внимание оборудование, вероятность аварийного состояния которого за один год не превышает 0,000001.

Когда пары растворителей в смеси с воздухом могут образовать взрывоопасные смеси в объеме, не превышающем 5% объема помещения, то производство считается невзрывоопасным. Пример такого определения приводится в статье В. Н. Челноковой, Э. И. Храмовой и др. «Определение категории взрыво- и пожароопасности участков окраски» [40].

Класс взрывоопасности, принимаемый в соответствии с требованиями ПУЭ, определяет выбор электрооборудования, светильников и электропроводки. При проектировании электротехнических установок следует исходить из того, что окрасочные камеры и другие окрасочные установки, а также участки бескамерной окраски, оборудованные напольными вытяжными решетками, и зоны в радиусе 5 м от открытых проемов камер и установок или от края решеток следует относить к взрывоопасным классам В-Iа или В-Iб. Классификация производится в соответствии с таблицей Приложения 2, заимствованной из Правил и норм [15].

Помещение за пределами взрывоопасной зоны следует считать невзрывоопасным.

Переходя к характеристике условий труда маляров, следует отметить, что условия и характер труда маляров определяются организацией технологического процесса, описание которого дано в предыдущих разделах.

При индивидуальном производстве маляр выполняет последовательно все операции по подготовке поверхности (обезжиривание, шпатлевку, шкуровку) и нанесению покрытий (грунтовку, окраску). В этом случае на окраску, по данным исследований гигиенистов, затрачивается не более 30% общего рабочего времени. При поточно-массовом производстве и окраске на конвейере маляр проводит только одну операцию в строго ограниченное ритмом конвейера время. В случаях ручного нанесения покрытий маляр работает стоя, часто в неудобном положении.

При окраске распылением на удержание в руке краскораспылителя (масса которого без стаканчика с краской составляет в среднем 750 г) и нажим на курок, включающий краскоподачу, маляр затрачивает определенные усилия. Поэтому его работу гигиенисты относят к работам средней тяжести.

Основным неблагоприятным фактором, характеризующим условия труда маляров на промышленных предприятиях, является загрязненность воздушной среды, особенно рабочего места, вредными веществами — парами растворителей и красочным аэрозолем.

Как уже указывалось выше, степень загрязненности зависит от многих причин: составов лакокрасочных покрытий, характера изделий и организации технологического процесса; способа окраски; особенностей используемых при окраске вентиляционных устройств.

Особое значение имеет автоматизация процесса окраски. При автоматизированных способах нанесения рабочие, обслуживающие установки, непосредственно в процессе окраски не участвуют. Они выведены из зон высоких концентраций вредных веществ. Их трудовые операции сводятся к пуску установки с пульта управления и наблюдению за правильной работой оборудования и аппаратуры и их текущему ремонту.

Концентрации вредных выделений при нормальной работе установок относительно невелики и не превышают предельно допустимых величин. Вентиляционные устройства здесь значительно менее мощные и предназначены в основном для локализации вредных веществ в пределах установок.

Значению вентиляции и условиям ее эффективности при определенных методах нанесения посвящены дальнейшие разделы книги, где приводятся конкретные примеры ее осуществления на различных промпредприятиях.

Для общего представления о величине концентраций, характеризующих воздушную среду на постах окраски, в табл. 7 приведены концентрации вредных выделений в зоне дыхания маляра, проводящего ручную окраску изделий непосредственно в помещении (вне камер), не оборудованном вентиляцией.

Таблица 7

Концентрация вредных выделений в зоне дыхания на постах окраски (без вентиляции)

Окрашиваемые изделия	Метод окраски	Концентрация, мг/м³	
		красочной пыли	сольвента
Наружная поверхность железнодорожных вагонов	Пневматический	65 96	— —
Узлы крупных станков	Пневматический	35	—
Металлические листы: 1×2 м; 1.5×3 м	Безвоздушное распыление	14	580
	Пневматический	42	480
Крупные и высокие изделия (статоры турбин, магнитные системы)	Безвоздушное распыление	41 94	1600* 1700*
Змеевики, рамы для котлов высотой до 2,5 м, длиной до 10 м	Кистью	—	130.
	Гидроэлектрический	7,2	925

* Концентрации ксилола (ПДК 50 мг/м³).

Следует сказать, что окрасочных работ, выполняемых в настоящее время без специальной вентиляции, немного. Это в основном случайные, временные работы. Как видно из табл. 7, основным вредным фактором при пневматической окраске является загрязнение воздушной среды красочным аэрозолем. При окраске другими методами превалирующее значение имеют пары растворителей. Особенно сильно воздушная среда загрязняется при окраске высоких изделий. Здесь концентрации вредных выделений превышают предельно допустимые в несколько десятков раз.

Помимо загрязнения воздушной среды вредными выделениями, окрасочные цехи характеризуются повышенными скоростями движения воздуха в рабочей зоне, которые обусловливаются работой местных отсосов и нередко пониженными температурами воздуха и сквозняками вследствие неполного включения приточных установок из-за неисправности оборудования или недостатка тепла в холодный период года.

На основании изложенного можно сделать вывод, что окрасочные цехи относятся к вредным производствам, где для достижения благоприятных условий труда должен быть использован комплекс организационно-технических и санитарно-гигиенических мероприятий.

Глава 3. ОБЩИЕ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Как упоминалось выше, в окрасочных цехах достичь удовлетворительных условий труда без рациональной организации технологического процесса не представляется возможным.

Под рациональной технологией следует понимать: широкое применение автоматизированных методов окраски в установках, оборудованных встроенной вентиляцией с очисткой воздуха перед выбросом в атмосферу; использование водорастворимых или относительно безвредных лакокрасочных материалов; при ручном распылении применение взамен пневматической окраски более прогрессивных методов безвоздушного и электростатического распыления; отведение для окраски строго фиксированных мест, участков и оборудование их вентилируемыми укрытиями (окраска в камерах) с очисткой воздуха перед выбросом в атмосферу; применение механизированных средств транспортировки изделий к местам окраски (конвейеры, краны, пневмоподъемники и т. п.); применение поворотных устройств (крюков, кругов, кантователей); централизованная краскоподача или использование красконагнетательных бачков; сушка изделий под вытяжкой; строгий контроль и соблюдение заданных режимов работы технологического оборудования.

Автоматизация процесса окраски позволяет вывести человека из зон высоких концентраций и облегчить его труд, сведя его обязанности к роли оператора. В первую очередь должны быть автоматизированы процессы окраски крупных изделий типа вагонов, цистерн и т. п., а также работы внутри емкостей или работы, выполняемые при неудобном положении маляра (например, окраска нижней поверхности кузова автомобиля, приподнятого к потолку, и т. п.). В качестве примера автоматизации процесса окраски можно привести самоходную окрасочную установку для окраски вагонов с применением электростатических распылителей Днепропетровского вагоноремонтного завода им. С. М. Кирова.

Установка предназначена для наружной окраски цельнометаллических пассажирских вагонов масляными эмалями в соответствии с правилами заводского ремонта и технологическим процессом малярных работ на вагонах.

Установка состоит из металлоконструкции, ходовой части, механизма движения портала, узла окраски крыши, роботов для окраски боковых стен, подъемного устройства, подъемной площадки, системы подачи краски, высоковольтного оборудования, электрооборудования, рельсового пути.

Электропитание установки осуществляется посредством специального кабеля, при поперечном перемещении — от силовой сети при помощи кабеля. В нижней части портала расположен пульт управления всеми двигателями установки и высоковольтного оборудования.

Установка работает следующим образом. Вагоны окрашиваются на трех параллельных путях. К вагону, стоящему на первом пути, подводится портал с работающими насосами, подающими краску в коллекторы. Для окраски крыши вагона включаются дозаторы, высоковольтное оборудование, приводится в движение траверса с распылителями. Затем для окраски боковых стен кузова вагона включаются роботы при включенных насосах, дозаторах и высоковольтном оборудовании. После этого с подъемной площадки портала окрашиваются торцовые стены.

Установка улучшает санитарно-гигиенические условия труда рабочих; безопасна в работе и не требует дополнительных окрасочных (специальных) устройств; не требует мощной вентиляции и фильтров для очистки воздуха; высвобождает значительное количество маляров, занятых на наружной окраске вагонов; сокращает простой вагонов под малярными работами; снижает расход лакокрасочных материалов и повышает качество покрытия.

На автомобильных заводах широко применяют полностью автоматизированные линии окраски кузовов легковых автомобилей. Грунтовка осуществляется в установках электроосаждения, первая и вторая окраска — в камерах электростатического нанесения, управляемых с помощью фотоэлементов. При контроле производят лишь незначительную подкраску отдельных мест вручную.

В деревообрабатывающей промышленности стали широко применять для автоматизированной окраски дверных и оконных блоков высокопроизводительные и экономичные, обеспечивающие благоприятные условия труда установки струйного облива с последующей выдержкой в парах растворителей. На московских деревообрабатывающих комбинатах (например, ДОК-14) такие линии бесперебойно эксплуатируются в течение нескольких лет.

Использование аппарата для внутренней окраски труб, вы-

пускаемого опытным производством НПО «Лакокраспокрытие», так же как и механизированное нанесение высоковязких составов, по рекомендациям того же объединения существенно облегчают и оздоровляют условия труда на особо тяжелых участках окраски.

Аппарат предназначен для нанесения лакокрасочных материалов в распыленном состоянии на внутренние поверхности труб диаметром от 500 до 2000 мм, длиной до 10 м. Он состоит (рис. 12) из краскораспылителя *2* производительностью 200—

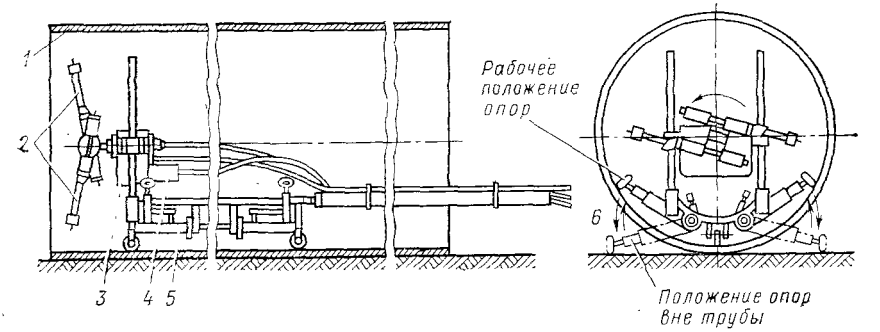


Рис. 12. Аппарат для внутренней окраски:
1 — окрашиваемая труба; *2* — краскораспылители; *3* — редуктор; *4* — пневмодвигатель; *5* — тележка; *6* — упоры

1000 г/мин, редуктора *3*, пневмодвигателя *4*, тележки *5* с опорами *6*, которая автоматически передвигается внутри окрашиваемой трубы *1*, оставляя за собой окрашенную поверхность.

Нанесение для тех же целей высоковязких составов, обеспечивающих защитное покрытие увеличенной толщины (200—250 мкм вместо 30—40 мкм) в один-два слоя (вместо шестивосьми слоев), помимо радикального облегчения условий окраски, позволяет снизить расход растворителей, сократить время нанесения покрытия и дает экономию, например, на покрытии изоляционным слоем условной трассы газопровода $d = 1020$ мм, протяженностью 1000 км 0,5 млн. руб. [23]. При нанесении составов распылителю сообщается поступательное движение, а трубе вращательное (рис. 13). Для автоматизированной окраски упомянутым выше опытным производством НПО «Лакокраспокрытие» выпускается специальный краскораспылитель с дистанционным управлением КА-1 (см. табл. 3).

Использование водорастворимых лакокрасочных материалов существенно меняет характер производства, переводя его в категорию невзрывопожароопасных и почти полностью безвредных. Так, при нанесении покрытий установками электроосаждения (которые работают на водорастворимых грунтах) требу-

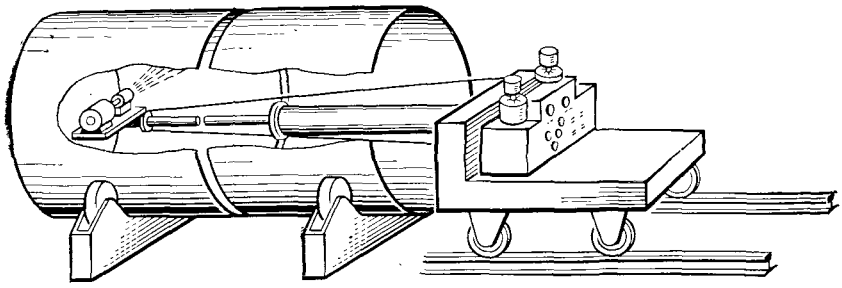


Рис. 13. Механизм нанесения высоковязких составов на внутреннюю поверхность труб

ются минимальные воздухообмены, чтобы сделать условия труда вполне благоприятными.

Как видно из описания и сравнительной оценки способов окраски, применение вместо пневматического безводушного и тем более электростатического распыления позволяет снизить потери лакокрасочного материала в воздушную среду и, следовательно, уменьшить ее загрязнение вредными выделениями, а также снизить активность их распространения. Этим самым облегчается возможность устройства эффективной вентиляции, что показано в дальнейшем на основе результатов исследования эффективности местных отсосов у постов окраски.

Строгая фиксация постов окраски позволяет оборудовать их местным отсосом загрязненного воздуха с удалением его (после очистки) кратчайшим путем в атмосферу, что является основным условием, обеспечивающим требуемую чистоту воздуха на рабочем месте маляра при ручной окраске. Это требование должно быть дополнено применением транспортных средств — конвейеров, поворотных устройств, что, с одной стороны, облегчит труд рабочего, с другой, упростит организацию воздухообмена на рабочем месте, т. е. снабжение его чистым воздухом и удаление загрязненного, минуя зону дыхания рабочего.

Следует всемерно ограничивать возможность распространения испаряющихся со свежеокрашенных поверхностей растворителей по помещению, для чего необходимо предусматривать время для их высыхания в вентилируемых окрасочных камерах или на напольных вытяжных решетках при быстросохнущих покрытиях. При медленно сохнущих покрытиях следует предусматривать укрытия на участках передвижения свежеокрашенных изделий к сушильным камерам. Для автономности работы вентиляции сушильных и окрасочных камер рекомендуется предусматривать в укрытиях разрывы вблизи сушильных камер или тамбура с самостоятельным отсосом воздуха.

2. СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Выбор объемно-планировочных и конструктивных решений зданий производится на основе указаний СНиП II-М. 2-72 и других нормативных документов, которые могут быть дополнены следующими рекомендациями. Окрасочные цехи следует размещать на верхних этажах и изолировать от других помещений стенами.

При высоте помещений более 8 м допускается возводить стены не на полную высоту, но не ниже 5 м. Расстояние от верха этих стен до открытых проемов окрасочных камер или установок должно быть не менее 5 м.

Принимая во внимание, что вредными выделениями окрасочного производства загрязняется в основном воздушная среда нижней зоны, такие стены будут ограничивать их распространение, препятствуя попаданию паров растворителя и красочного аэрозоля на смежные участки. Однако при определении категории помещения следует рассматривать помещение в целом и наличие таких стен не учитывать.

Внутренние поверхности стен окрасочных цехов на высоте не менее 2 м должны быть облицованы несгораемыми материалами (керамической плиткой и т. п.), допускающими легкую очистку от загрязнений. Полы помещений окрасочных цехов и краскозаготовительных отделений должны быть масло- и бензостойкими и выполнены из несгораемых материалов, допускающих легкую очистку и не дающих при ударе искр.

3. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Во время работы в цехе должна бесперебойно действовать механическая вентиляция.

В окрасочных цехах следует проводить контроль за состоянием воздушной среды не реже одного раза в квартал, а также при изменении технологического процесса, реконструкции вентиляционных установок и т. п. Анализы воздуха необходимо проводить при всех методах нанесения покрытия в первую очередь на содержание паров доминирующего растворителя. Периодически рекомендуется также контролировать наличие в воздушной среде наиболее вредного ингредиента из летучих составляющих, даже если он содержится в лакокрасочных составах в небольших количествах.

При окраске методами распыления воздушную среду исследуют на содержание не только растворителей, но еще и красочной пыли. Для свинцовосодержащих, эпоксидных, полиуретановых и акрилатных красок необходимо проводить контрольные исследования на присутствие в красочной пыли свинца, эпихлоргидрина и др.

Пробы воздуха следует отбирать на рабочих местах (в зоне дыхания) маляров или операторов (на постах окраски, у пультов управления и т. д.); контрольные пробы в рабочей зоне вблизи окрасочного оборудования необходимо брать у проемов камер и установок, насосов для перекачки лакокрасочного материала и т. д.

Рабочие и инженерно-технический персонал согласно приказу Министра здравоохранения СССР проходят обязательный медицинский осмотр при приеме на работу и также периодический контроль (один раз в шесть месяцев).

Рабочие окрасочных цехов и краскозаготовительных отделений должны работать в спецодежде, которую выносить за пределы предприятия запрещается. Спецодежду, облитую растворителями, следует немедленно заменять чистой.

Работающим с лакокрасочными материалами необходимо применять профилактические защитные пасты и мази типа ИЭР-1, биологических перчаток.

После окончания работы с лакокрасочными материалами и перед приемом пищи следует мыть руки специальным мылом или смывками, а также применять жирные мази.

В окрасочном цехе и краскозаготовительном отделении прием и хранение пищи запрещаются.

В цехах в каждой смене должны быть выделены и обучены специальные лица для оказания первой помощи, на них же следует возлагать ответственность за состояние и пополнение средств первой помощи (аптечки).

4. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

В окрасочных цехах должны соблюдаться требования пожарной безопасности, изложенные в правилах [15] и [24], основные из которых следующие.

В окрасочных цехах не допускается проводить работы, связанные с применением открытого огня и искрообразованием (сварочные работы, работы на наждачных точилах и др.); хранить лакокрасочные материалы у рабочих мест, за исключением текущего расхода материалов в готовом к употреблению виде в количестве, не превышающем емкость красконагнетательного бака или стандартной фляги (40 л), причем тара должна быть плотно закрыта; работать в одной и той же окрасочной камере с нитроцеллюлозными и масляными, а также с нитроцеллюлозными и алкидными лакокрасочными материалами (в случае последовательного использования в одной камере всех указанных материалов перед сменой краски камеру необходимо тщательно очищать от осевшей краски другого типа, так как скопившаяся под пленкой краска при соприкосновении с краской

другого типа указанных составов может самовозгореться); мытье полов, стен и оборудования растворителями.

Для обеспечения пожаро- и взрывобезопасности производства необходимо все оборудование окрасочных и краскозаготовительных отделений (окрасочные и сушильные камеры и т. п.) изготовлять из несгораемых материалов; своевременно осуществлять уход за оборудованием на основании графика планово-предупредительного ремонта оборудования, аппаратуры и коммуникаций с соответствующей записью в журнале эксплуатации; обеспечивать блокировку вентиляционных агрегатов окрасочных камер с устройствами, подающими лакокрасочный материал или сжатый воздух к краскораспылителю: при прекращении работы вентиляции отключается краскоподача, останавливается движение конвейера; в помещении постоянно поддерживать чистоту и порядок; уборку помещений и рабочих мест производить мокрым способом, не реже одного раза в смену; пролитые на пол лакокрасочные материалы и растворители немедленно убирать при помощи опилок и смывания водой; обтирочные концы, тряпки и ветошь после употребления складывать только в металлические ящики, закрываемые металлическими крышками, и в конце смены выносить из цеха в специально отведенные для этой цели места.

В помещениях окрасочных цехов (отделений) необходимо устанавливать автоматические газосигнализаторы (типа СВК-3М1, СГГ-2), предупреждающие о возможном возникновении в воздухе взрывоопасных концентраций растворителей.

Окрасочные отделения площадью 500 м^2 и более, а также помещения краскозаготовительных отделений с кладовыми для лакокрасочных материалов должны быть оборудованы автоматическими установками пожаротушения.

Окрасочные отделения независимо от их площади и наличия автоматических установок пожаротушения снабжаются первичными противопожарными средствами в соответствии с приложением 5 «Типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий» [24].

Окрасочные отделения производственной площадью менее 500 м^2, если они не снабжены автоматическими установками пожаротушения, должны быть оборудованы автоматической пожарной сигнализацией, а также телефонной связью. Телефонные аппараты необходимо располагать у выходов из цеха.

Окрасочные и сушильные камеры, установки струйного облива и окунания и т. п., а также участки для бескамерной окраски на решетках в полу должны быть снабжены средствами автоматического пожаротушения: углекислотными или пенными установками, составом 3,5, паротушением и др. Для установок, в которых окрашивают сгораемые изделия, предпочтительнее применять пенные или водяные системы пожаротушения. Уста-

новки, внутри которых находятся рабочие, при проведении технологического процесса снабжают первичными средствами пожаротушения, независимо от наличия средств автоматического извещения и тушения пожара и первичных средств пожаротушения в цехе.

Не разрешается загромождать проходы, выходы и рабочие места, а также доступы к средствам пожаротушения в помещении цеха (участка).

Инструктаж по вопросам пожарной безопасности производится в соответствии с требованиями п. 1.011 «Типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий».

Глава 4. ВЕНТИЛЯЦИЯ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Помещения окрасочных цехов оборудуют механической приточно-вытяжной вентиляцией, назначением которой является поддержание концентраций вредных выделений в рабочей зоне на уровне, не превышающем предельно допустимых. Кроме того, система вентиляции совместно с отоплением должна обеспечивать температуру воздуха в зоне пребывания людей в холодный период года 17—19° С в соответствие с санитарными нормами по категории работ средней тяжести при незначительных теплоизбытках. Основное удаление вредных выделений должно осуществляться с помощью местных отсосов, встроенных в технологическое оборудование.

Принимая во внимание, что удаление воздуха с помощью местных отсосов технологического оборудования осуществляется в основном из нижней (рабочей) зоны цеха (окрасочные камеры, напольные вытяжные решетки), окрасочные цехи вытяжной общеобменной вентиляцией, как правило, не оборудуют. Специфика производства не требует также устройства аварийной вентиляции.

Дополнительно к местной вытяжной вентиляции осуществляется удаление воздуха из верхней зоны помещения (непосредственно из-под кровли), преимущественно над сушильными камерами или другим нагретым оборудованием. Количество удаляемого воздуха из верхней зоны определяется из расчета 6 м^3/ч на 1 м^2 площади пола цеха, а для помещений высотой менее 6 м вытяжку из верхней зоны следует осуществлять в количестве однократного обмена в час.

В отдельных случаях, когда крупные изделия окрашивают кистью на непостоянных рабочих местах, допускается устройство только общеобменной механической приточно-вытяжной вентиляции. При этом удаление воздуха следует производить из нижней зоны на высоте 0,3—0,5 м от пола и расчетный воздухообмен определять из условия разбавления паров растворителей, поступающих в воздух во время окраски и высыхания изделий, до ПДК.

В этом случае расчетное количество воздуха определяется как сумма расчетных количеств, необходимых для разбавления до ПДК каждого растворителя, входящего в состав ЛКМ.

Также допускается устройство общеобменной вентиляции при использовании электроокрасочных установок малой производительности (модели УЭРЦ и т. п.) с расходом лакокрасочного материала до 60 г/мин. В этом случае рекомендуется выполнять удаление воздуха через боковые панельные воздухоприемники, размещаемые за окрашиваемым изделием, против рабочего места. Воздухообмен в помещении рассчитывается исходя из условия разбавления паров растворителей до ПДК.

Приток рассчитывается на суммарное (в объеме 95%) возмещение дефицита воздуха в подготовительно-окрасочных и сушильных камерах и установках, а также объема воздуха, удаляемого через напольные решетки и из верхней зоны помещения.

Приточная вентиляция может быть совмещена с отоплением. Использование для отопления рециркуляционных агрегатов не допускается. Однако при устройстве в помещениях воздушных завес у входных ворот допускается забирать воздух из верхней зоны цеха, имея в виду, что загрязненность воздуха красочной пылью в верхней зоне, особенно над воротами, будет незначительной.

Подача приточного воздуха осуществляется выше рабочей зоны в направлении, перпендикулярном, параллельном или под углом к полу. При выборе способа подачи воздуха количество воздухораспределителей должно обеспечивать наименьшую протяженность воздуховодов. Для бескамерной окраски предпочтительна вертикальная подача воздуха.

Вертикальная подача может осуществляться шестидиффузорными воздухораспределителями типа ВДШ, универсальными модернизированными типа ВДУМ, воздухораспределителями эжекционными потолочными типа ВЭПв или перфорированными типа ВПК-1. Горизонтальную подачу воздуха следует осуществлять воздухораспределителями типа ВГК для подачи компактной струей, омывающей рабочую зону обратным потоком или прямым потоком с использованием воздухораспределителя эжекционного типа ВЭО для сосредоточенной подачи воздуха.

Под углом к полу воздух может подаваться воздухораспределителями ВЭС, а также типа ВГВ для подачи воздуха веерной струей. Выбор и расчет воздухораспределительных устройств производят по специальной инструкции [12].

Местная вытяжная вентиляция при автоматизированном и ручном нанесении резко различается как по назначению, так и по устройству.

Вентиляцию установок автоматизированной окраски (камеры стационарной электроокраски, установки струйного облива и окунания и т. п.) устраивают с целью локализации вредных

выделений в пределах установки и во многих случаях для предупреждения возможности возникновения взрывоопасных концентраций в установках. Конкретные рекомендации по устройству такой вентиляции специфичны и приводятся ниже применительно к способу окраски.

При ручной окраске изделий вентиляционные устройства должны не только не дать распространиться вредным выделениям по помещению, но и обеспечить на рабочих местах маляров концентрации их в пределах, не превышающих ПДК.

Для ручного окрашивания изделий необходимо, как правило, использовать камеры. При этом изделие должно располагаться в камере, а маляр вне камеры или в ее открытом проеме (рис. 14). Количество удаляемого из камер воздуха определяется по средним скоростям всасывания в открытые проемы с учетом токсичности лакокрасочного материала и способа окраски.

Для случаев, когда маляр в процессе окраски должен находиться внутри камеры, перемещаясь по всей ее площади, осуществляется нижний отсос воздуха с верхним притоком (рис. 15). Применение ручных электростатических распылителей с расположением рабочего внутри камеры не допускается.

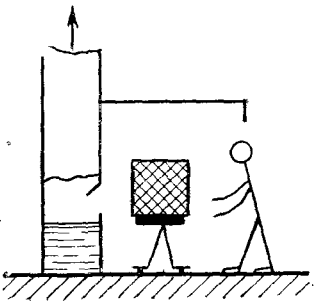


Рис. 14. Схема камеры с боковым отсосом воздуха

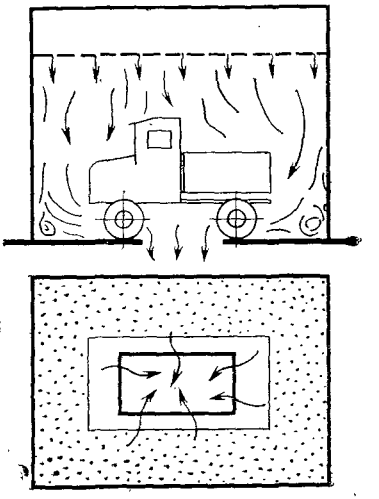


Рис. 15. Схема камеры с нижним отсосом воздуха

Количество удаляемого воздуха из таких камер определяется его удельным расходом ($м^3/ч$) на 1 $м^2$ площади камеры с учетом токсичности лакокрасочного материала и способа окраски.

Окрашивание (лакокрасочными материалами, не содержащими свинцовых соединений) изделий несерийного выпуска высотой до 2 м, для которых невозможно предусмотреть строго постоянных постов окрашивания, должно производиться на от-

крытых участках, оборудованных вытяжкой через решетки в полу. Количество удаляемого воздуха при бескамерной окраске определяется его удельным расходом ($м^3/ч$) на 1 $м^2$ габаритной площади напольной решетки с учетом токсичности лакокрасочного материала и способа окраски.

При окрашивании наружной поверхности крупногабаритных изделий с постоянным сечением (вагонов, химической аппаратуры типа колонн и т. п.) местную вытяжную вентиляцию следует устраивать только на окрашиваемом в данный момент участке. При этом перемещают изделие относительно вентиляционной установки или вентиляционную установку относительно изделия.

Количество отсасываемого воздуха рассчитывают исходя из условия обеспечения скорости воздуха (удаляемого вниз или в сторону) на рабочем месте не менее 1 м/с.

Воздух, отсасываемый с постов окраски распылением (от камер, напольных решеток и т. д.), подвергается очистке от образующегося аэрозоля краски. Очистка производится мокрым способом (в гидрофильтрах).

При ручном окрашивании внутренних поверхностей крупногабаритных изделий (цистерн, колонн и т. п.) необходимо предусматривать в них не менее двух проемов (люков) с противоположных сторон: один — для удаления загрязненного, другой — для подсоса свежего воздуха; количество вентиляционного воздуха рассчитывают на разбавление паров растворителей в среднем до ПДК. При этом скорость поступающего воздуха в проеме не должна превышать 5—7 м/с. Окрашивание следует начинать со стороны проема (люка) для удаления воздуха. Маляру необходимо пользоваться средствами индивидуальной защиты с подачей воздуха под маску (респираторы РМП-62, «АСМ», ПШ-1). Работа должна периодически прерываться с выходом маляра из емкости.

2. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЕНТИЛЯЦИОННЫМ УСТРОЙСТВАМ И ОБОРУДОВАНИЮ

Выполнение перечисленных ниже требований диктуется тем, что окрасочные цехи являются пожароопасными, а в некоторых случаях и взрывоопасными производствами и вентиляция при неправильном ее выполнении и эксплуатации будет усугублять пожарную опасность окрасочных производств. Причинами, повышающими пожарную опасность производств, могут быть разветвленные сети воздуховодов, объединяющих отдельное оборудование, по которым с относительно большими скоростями движется воздух; проемы для прохода воздуховодов в ограждающих конструкциях; отложение горючих веществ в воздуховодах и вентиляторах; возможное образование искры в вентиляторе. Правильно выполненные системы вентиляции, позволяя

обеспечить требуемые санитарными нормами условия воздушной среды, способствуют снижению пожарной опасности производства.

К основным мероприятиям, направленным на снижение опасности пожара или взрыва в окрасочных цехах, относятся следующие.

При осуществлении вытяжной вентиляции в цехе с помощью только одной, постоянно действующей установки с отсосом воздуха из нижней (рабочей) зоны необходимо предусматривать резервный вентиляционный агрегат, сблокированный с рабочим, автоматически включающийся при остановке рабочего с тем, чтобы помещение ни при каких обстоятельствах не оставалось без принудительного проветривания.

Не допускается устройство подпольных приточных и вытяжных вентиляционных каналов, за исключением каналов для камер с нижним отсосом и установок бескамерной окраски на решетках в полу. В этих случаях очистка отсасываемого воздуха в гидрофильтрах, расположенных непосредственно на входе в канал, строго обязательна. При этом при бескамерной окраске участки подпольных каналов должны быть минимальной (технически обоснованной) протяженности, а для камер каналы должны выводиться вверх непосредственно по их стенкам. Кроме того, приямок под решеткой должен быть заполнен слоем воды высотой не менее 50 мм с автоматическим поддержанием постоянного уровня.

При наличии в помещении приямков глубиной более 0,5 м в них следует подавать приточный воздух. В случае регулярного обслуживания находящегося в приямке рабочего, для него предусматривают механическую приточно-вытяжную вентиляцию. Это мероприятие исключит возможность образования застойных зон и непроветриваемых пазух.

Вентиляторы вытяжных установок от окрасочных участков, окрасочного и сушильного оборудования следует применять в искрозащищенном исполнении [5].

Вытяжные вентиляционные установки окрасочных отделений должны иметь звуковую или световую сигнализацию, оповещающую о прекращении их работы.

Отверстия для забора или выброса воздуха небходимо располагать в местах, исключающих возможность попадания в эти зоны искр.

Приточные вентиляционные установки должны быть снабжены автоматическими обратными клапанами, устанавливаемыми на нагнетательных воздуховодах в пределах вентиляционной камеры.

В целях предупреждения возможности распространения пожара и взрыва по воздуховодам вентиляционные системы окрасочных отделений и участков, а также краскозаготовительных отделений с кладовыми лакокрасочных материалов не должны

объединяться между собой и с вентиляционными системами других производств. Не разрешается, как правило, объединять между собой местные отсосы от отдельных окрасочных камер, ванн окунания и другого технологического окрасочного оборудования.

Вентиляционное оборудование, за исключением систем, смонтированных на технологических установках, должно размещаться в вентиляционных камерах или снаружи цеха. Размещение его на консолях или площадках открыто в помещении цеха запрещается.

Не допускается установка в одной камере вентиляторов приточных и вытяжных систем (совместно), а также вытяжных вентиляторов, обслуживающих другие производства. Приточные вентиляторы, обслуживающие окрасочные цехи (отделения), допустимо устанавливать совместно с вентиляторами, обслуживающими другие производственные цехи.

Вентиляционное оборудование и воздуховоды приточных и вытяжных установок должны быть надежно заземлены.

3. ВЫБРОСЫ ВОЗДУХА В АТМОСФЕРУ

Характеристика вентиляционных выбросов. Воздух, удаляемый вентиляционными отсосами от постов окраски или от окрасочных установок, загрязнен парами растворителей. Исключение представляют установки, работающие на водорастворимых лакокрасочных материалах, где паров органических растворителей выделяется ничтожное количество. При окраске методами распыления удаляемый воздух загрязняется еще и красочным аэрозолем.

Общее количество паров растворителей в выбрасываемом воздухе определяется исходя из фактического часового их расхода. Определим, например, количество доминирующего растворителя, выделяющегося в воздух окрасочной камеры (на одно рабочее место) при пневматическом нанесении лакокрасочного материала.

В камере на изделия средней величины наносится вручную нитроэмаль НЦ-11. Фактический часовой расход эмали определяется исходя из того, что в среднем на окраску $1 м^2$ поверхности затрачивается 0,7 мин при расходе нитроэмали с рабочей вязкостью 240 $г/м^2$. Следовательно, в час затрачивается $\frac{240 \cdot 60}{0{,}7} = 20 \cdot 600$ г эмали. Считаем, что в краске содержится 80% растворителя, из них половина толуола. Принимаем, что за время окраски и нахождения свежеокрашенного изделия в камере в течение 3—4 мин уходит с вентиляционным воздухом 80% летучих (кривая *1* на рис. 10), из них 35% задерживается в гидрофильтре (о чем будет подробно сказано ниже).

Тогда общее количество толуола в воздухе, выбрасываемом в атмосферу, составит

$$20\,600 \times 0{,}8 \times 0{,}5 \times 0{,}8 \times 0{,}65 = 4300 \text{ г/ч}.$$

Для быстросохнущих покрытий типа нитроцеллюлозных, ПХВ, ХС и т. п. это количество доминирующего растворителя на один пост ручной окраски рекомендуется принимать для приближенных расчетов.

Аналогичные расчеты для медленно сохнущих покрытий (пентафталевых, меламиноалкидных и т. п.) показывают, что валовое количество доминирующего растворителя на один пост окраски составляет 1600 г/ч.

При среднем расходе вентиляционного воздуха на одно рабочее место 15 000 м³/ч концентрации толуола в выхлопной шахте при применении нитрокрасок будут равны

$$\frac{4300}{15\,000} = 0{,}286 \text{ г/м}^3, \text{ или } 286 \text{ мг/м}^3.$$

Для камер автоматизированной электроокраски, в которых, как правило, гидрофильтры не применяются из-за малого количества аэрозоля краски в удаляемом воздухе, в расчет необходимо принимать весь расходуемый за единицу времени растворитель за вычетом растворителя, испаряющегося в примыкающей к камере сушильной установке, если осуществляется горячая сушка изделий.

То же самое можно сказать относительно установок струйного облива или окунания с выдержкой в парах растворителя. При этом можно принять, что воздушными затворами входных проемов удаляется 40%, а выходных 60% общего расхода растворителей в установке.

В табл. 8 приведены фактические значения концентраций паров растворителей и красочной пыли в воздухе, отсасываемом от окрасочных камер (до гидрофильтра) и воздушных затворов установок струйного облива, измеренных в процессе исследований вентиляции окрасочных цехов ряда промышленных предприятий, проведенных ВЦНИИОТом.

Следует заметить, что при ручном нанесении ЛКМ пробы воздуха, как правило, отбирались в периоды непосредственной окраски (при выключении краскораспылителя более чем на одну минуту прерывался отбор проб), поэтому можно сказать, что приведенные концентрации несколько превышают среднечасовые и скорее соответствуют минутной производительности краскораспылителя. Их следует рассматривать как сугубо приближенные в связи с неточностью методов измерений и в связи с тем, что их величина зависит от общего часового расхода лакокрасочного материала, который в производственных условиях измерить и поддержать на постоянном уровне не представляется возможным.

Таблица 8

Концентрации паров растворителей и красочной пыли в воздухе, отсасываемом от постов окраски или от окрасочных установок

Установка и метод окраски	Характеристика изделий	Лакокрасочный материал	Количество отсасываемого воздуха, м³/ч	Концентрация толуола, мг/м³	Концентрация красочной пыли, мг/м³
Окрасочная камера с боковым отсосом. Безвоздушное распыление	Изделия средней величины	Нитроэмаль НЦ-П-120	5000	2000 2050	55 68
Окрасочная камера с боковым отсосом. Пневматическое распыление	То же	Алкидномеламиновая эмаль МЛ-12-03	36 000	400*	19
То же	Мелкие изделия	Молотковая эмаль МЛ-25 Грунт 138	17 000 17 000	170* 169**	17 20
Окрасочная камера с боковым отсосом. Пневматическое распыление. Безвоздушное распыление	Изделия средней величины	ВЛ-03-Ж	10 000	2200* 2200	284 55
Окрасочная камера с боковым отсосом. Пневмоэлектростатическое нанесение	Мелкие изделия	Алкидномеламиновая эмаль МЛ-12	11 000	190*	33
Отсос через напольные решетки. Пневматическое и безвоздушное распыление	Изделия средней величины	Фенольноформальдегидный грунт	81 000	390 390	179 23

* Ксилол.
** Сольвент.

Приведенные данные показывают, что при задержании в гидрофильтрах (которыми оборудуются все посты окраски распылением) не менее 90% красочной пыли в выбрасываемом воздухе ее будет содержаться незначительное количество, которое может не учитываться. Однако загрязнению выбросов парами растворителей (почти не задерживающихся в гидрофильтрах) должно уделяться соответствующее внимание.

В настоящее время разработан и начинает внедряться в промышленность метод очистки воздуха от паров растворителей путем их каталитического дожигания [21, 22]. Метод применим при небольших расходах воздуха и высоких концентрациях растворителей, что характерно для сушильных камер.

Практически применимых способов очистки больших объемов вентиляционного воздуха, содержащего относительно небольшие концентрации растворителей (2000—200 мг/м^3), не существует как у нас, так и за рубежом. Об этом свидетельствуют, например, сообщения представителей фирмы Дюрр (ФРГ). Они считают, что красочный аэрозоль задержать относительно просто. А так как практически применимых способов очистки воздуха от паров органических растворителей не имеется, то решение этой задачи надо искать в сокращении количества используемых растворителей или уменьшении их токсичности.

По мнению специалистов этой фирмы, предупреждение загрязнения воздушной среды путем выбора соответствующих методов окраски и лакокрасочных материалов, кроме оздоровительного значения, имеет и большой экономический эффект, что иллюстрируется ранее приведенной диаграммой (см. рис. 11).

Термическое дожигание растворителей отсасываемого от сушилок воздуха расценивается фирмой как вполне осуществимое

Таблица 9

Характеристика выделяющихся вредностей и рекомендуемые методы очистки (данные фирмы «Дюрр»)

Способ окраски	Выделяющиеся вредности	Рекомендуемые методы очистки
Распылением	Аэрозоль—до 1 г/м^3, пары растворителей—до 1 г/м^3	Сухим или мокрым сепаратором
Окунанием	Растворители—до 10 г/м^3	В адсорбционных установках или термосжиганием
Электроосаждением	Растворители—незначительное количество, амины—до 1 г/м^3	В скруббере

и являющееся единственным средством борьбы с загрязнением воздуха от этих выбросов. В некоторых случаях оно даже экономически оправдано.

В табл. 9 приведена характеристика выделяющихся вредностей и рекомендуемые фирмой методы очистки выбрасываемого воздуха.

Очистка отсасываемого воздуха в гидрофильтрах. Воздух, удаляемый от мест окраски распылением, всегда подвергается мокрой очистке от красочного аэрозоля в гидрофильтрах. Основным назначением гидрофильтра является предохранение от загрязнения (а при интенсивной пневматической окраске от забивания) вентиляционной системы (воздуховодов и вентилятора) краской.

В гидрофильтрах также задерживаются частично и пары растворителей.

Существующие конструкции гидрофильтров описаны в специальной литературе [33]. Они имеют четыре основных элемента:

1) воздухопромывной канал, в котором происходит промывка воздуха водой;

2) водораздающие устройства (ванны-лотки, водопадающие трубы с отверстиями или форсунками);

3) отстойную ванну, куда стекает загрязненная вода;

4) каплеотделители в виде плоскостей или пластинчатых сепараторов, назначение которых задерживать капельную влагу, уносимую воздухом. Однако они обычно задерживают и красочную пыль.

Промывной канал и водораздающие устройства — наиболее важные элементы гидрофильтра, определяющие способ контакта воздуха с водой, в зависимости от которого нами было предложено разделить все гидрофильтры на три принципиально различных типа: форсуночные, где воздух промывается распыленной водой; каскадные (с дырчатыми трубами или лотками), в которых воздух многократно проходит через водяные завесы; барботажно-вихревые (насосные и безнасосные), где происходит активное перемешивание воздуха с водой.

Первый тип гидрофильтра (рис. 16,*а*) — форсуночный, наиболее старый,— был разработан одновременно с внедрением в промышленность пульверизационного метода окраски. В промывных каналах этих гидрофильтров установлены форсунки *1*. Каплеотделителем является пластинчатый сепаратор *2*.

В последние годы широкое распространение получили каскадные гидрофильтры.

На рис. 16,*б* показан каскадный гидрофильтр с подачей воды через дырчатые трубы. В промывном канале этого гидрофильтра у его передней и задней стенок установлены плоскости *1*. Вода подается на верхнюю плоскость, с которой стекает на нижележащую, и т. д. Таким образом, получается несколько

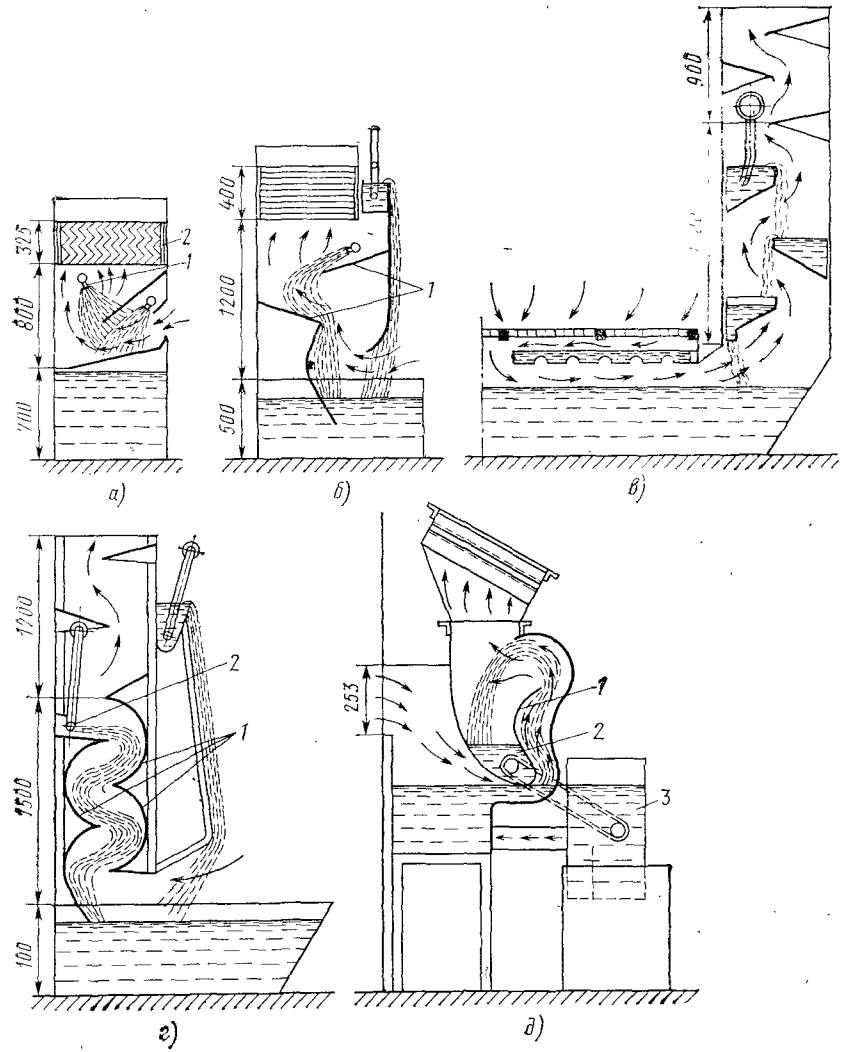


Рис. 16. Схемы гидрофильтров различных типов

водяных завес, которые пересекают воздух, удаляемый из камеры и проходящий промывной канал снизу вверх.

Другой разновидностью каскадного гидрофильтра является гидрофильтр с переливом воды из лотка-ванны через ее закругленный борт (рис. 16, *в*). Здесь также образуется несколько водяных завес, которые пересекают воздух.

В последнее время начали применять гидрофильтры барботажно-вихревого действия (как насосные, так и безнасосные).

В лабиринтном промывном канале насосного гидрофильтра (рис. 16,*г*) у его передней и задней стенок установлены по две направляющих цилиндрических поверхности *1*, смещенные по высоте. Вода подается на верхнюю наклонную плоскость из трубы *2* и стекает по цилиндрическим плоскостям, переливаясь от стенки к стенке. В промывном канале такого гидрофильтра воздух перемешивается с водой с частичным барботированием.

В лабиринтном промывном канале безнасосного гидрофильтра (рис. 16,*д*) барботажно-вихревого действия в его средней части расположен завихритель *1* извилистой формы. Воздух, проходя с большими скоростями (не менее 16 м/с) через щель, заполненную водой, захватывает воду и направляется по лабиринтному каналу. В расширенной части канала скорость воздуха уменьшается и вода падает в емкость *2*, а воздух направляется к сепаратору. Из емкости вода перетекает в водоотстойную ванну *3*. Циркуляция воды происходит в результате эжекции и действия закона сообщающихся сосудов.

У гидрофильтров с боковым отсосом воздуха первой ступенью очистки часто является водяной экран с водяной завесой, образующейся в плоскости воздухоприемного отверстия за счет стекания воды из верхнего бачка по вертикальной (передней) стенке гидрофильтра (см. рис. 16,*б* и *г*).

Для оценки равномерности водораспределения при различных способах подачи воды (при подаче воды на плоскость из труб с отверстиями различного диаметра и при ее подаче через закругленный борт ванны) в лаборатории ВЦНИИОТ были

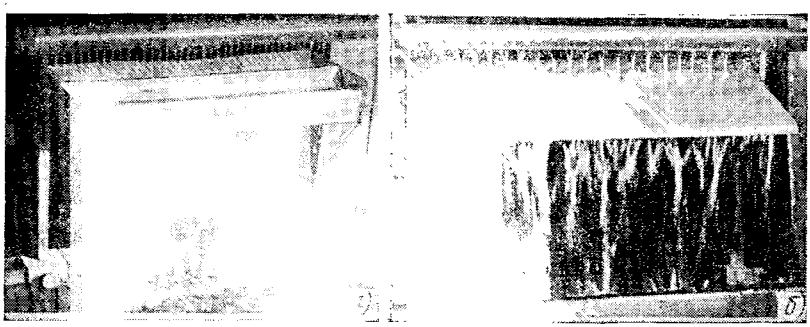


Рис. 17. Характер течения воды в воздухопромывном канале гидрофильтра

проведены исследования, которые показали, что сплошная водяная пленка образуется только при подаче воды через борт ванны (рис. 17,*а*). При подаче воды из трубы с отверстиями на плоскость вода стекает разорванными потоками, даже при увеличенном ее расходе (рис. 17,*б*).

С целью выявления гидрофильтра рационального типа, имеющего наиболее высокую эффективность, которая характеризуется способностью задерживать красочную пыль (а также пары растворителей), были проведены исследования в производственных условиях, при которых помимо коэффициента очистки определяли основные эксплуатационные параметры гидрофильтров различных типов: удельный расход воздуха, приходящийся на 1 м длины гидрофильтра; удельный расход воды на 1 м³ воздуха; скорость воздуха в узком сечении воздухопромывного канала; сопротивление чистого гидрофильтра; эксплуатационные особенности.

При исследовании определяли концентрации красочной пыли и паров растворителей в удаляемом воздухе до и после гидрофильтра (одновременно). В дополнение к анализам воздуха проводили наблюдения, касающиеся загрязнения краской отдельных элементов вентиляционных систем, расположенных после промывного канала: сепараторов, воздуховодов, вентилято-

Таблица 10

Характеристика гидрофильтров различных типов в распылительных камерах

Типы гидрофильтров	Краска	Относительный расход			Наибольшая скорость в канале гидрофильтра, м/с	Сопротивление гидрофильтра, кгс/м²	Коэффициент очистки	
		воздуха на 1 м гидрофильтра, тыс. м³/ч	воды (оборот), л/м³ воздуха	энергии на 1000 м³ воздуха, кВт			по красочной пыли	по ароматическим углеводородам
Форсуночный	Грунт 138,	7,9	1,1	0,68	3,6	17,6	97	—
	нитроэмаль 507	6,7	1,3	0,68	3,1	—	94	—
Каскадные: с подачей воды на плоскости	Грунт 138	5,6	2,2	1,2	4,5	21,6	92	53
	Эмаль МЛ-25	5,7	2,2	1,2	4,5	21,8	86	52
с переливом через борт ванны	Эмаль МЛ-25	5,1	5,5	1,3	4,3	51	92	50
		4,9	5,7	1,3	4,1	52	93	57
Барботажно-вихревого действия:	Эмаль 123	5,8	6,1	1,41	5,4	87	92	52
насосные	Эмаль МЛ-25	3,7	—	1,63	24	73	98	60
		2,6	—	1,63	17	84	97	—
безнасосные	Нитроэмаль	4,2	—	1,71	18	115	—	77
		4,2	—	1,71	16	90	—	47

ров; выявляли необходимую частоту их очистки. Изучали степень уменьшения производительности вытяжных установок по мере загрязнения гидрофильтров.

Результаты исследований приведены в табл. 10. Из данных таблицы видно, что удельный расход воздуха для большинства исследованных гидрофильтров лежит в пределах от 4900 до 5900 м³/ч на 1 м длины гидрофильтров; для форсуночных гидрофильтров удельный расход больше — 7400 м³/ч, для барботажно-вихревых (безнасосных) меньше — 3600 м³/ч; удельный расход воды различен: минимальный 1,1 л/м³ воздуха для форсуночных, максимальный 6,1 л/м³ для гидрофильтров барботажно-вихревого действия (насосных); расход энергии минимальный для форсуночных гидрофильтров 0,68 кВт на 1000 м³ воздуха и максимальный 1,69 кВт для барботажно-вихревых безнасосных;

Скорость (м/с) в узком сечении промывного канала для гидрофильтров

форсуночных	3,4
каскадных	4,4
барботажно-вихревых:	
насосных	5,4
безнасосных	от 16 до 24

Сопротивление гидрофильтров, включая каплеотделители (в чистом виде), у всех типов различны: наименьшее — у форсуночных (18 кгс/м²); наибольшее — у барботажно-вихревых безнасосных гидрофильтров (в среднем 90 кгс/м²).

Необходимо отметить, что отключение воды в гидрофильтрах уменьшает незначительно их сопротивление. Сопротивление зависит в основном от скорости воздуха в промывном канале и от аэродинамических особенностей (количества и типа плоскостей и т. д.) канала. При изменении скорости в промывном канале изменение сопротивления можно принимать по квадратичному закону как для воздуховодов.

Коэффициент очистки воздуха—наивысший для гидрофильтров барботажно-вихревого действия безнасосных: по красочной пыли он составляет 98%, по парам растворителей — 61%. У других типов гидрофильтров эти коэффициенты лежат в пределах 92—94% (для пыли) и 50—57% (для паров растворителей).

Наряду с приведенными коэффициентами очистки работу гидрофильтров характеризуют скорость забивания системы водораздачи и степень загрязнения стенок воздухопромывного канала, сепараторов и вентилятора. По этим показателям лучшими оказались гидрофильтры со сферическими каналами и подачей воды через отверстия большого диаметра с переливом ее через борт ванны-лотка. Так, по данным исследования ПИ «Проектпромвентиляция» в арматурном цехе завода ЗИЛ на-

лет краски на водоотбойных плоскостях, выполняющих роль сепаратора, составлял 5—6 мм через 3—4 месяца при двухсменной работе камеры. Производительность центробежного вентилятора, работающего без чистки месяц, была равна первоначальной. Основная масса краски задерживалась в зоне первых двух полуцилиндров (рис. 18), слой краски на нижней плоскости которых достигал 80 мм. Однако этот налет существенно не уменьшал сечения канала для порохода воздуха, и поэтому не отражался на производительности вентилятора.

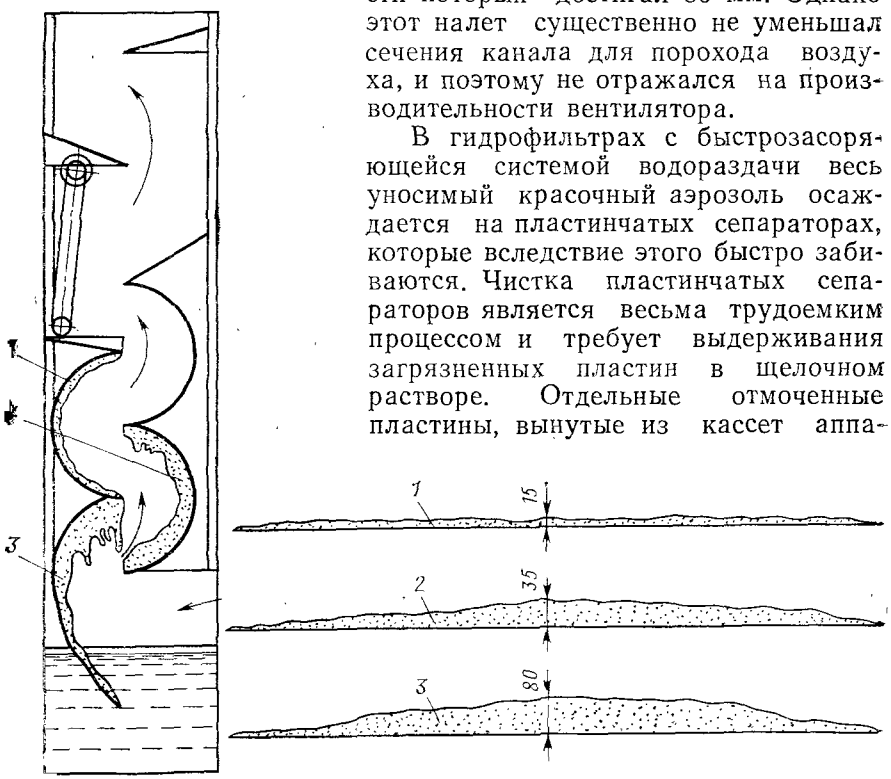


Рис. 18. Изменение толщины слоя краски по длине канала S-образного профиля

В гидрофильтрах с быстрозасоряющейся системой водораздачи весь уносимый красочный аэрозоль осаждается на пластинчатых сепараторах, которые вследствие этого быстро забиваются. Чистка пластинчатых сепараторов является весьма трудоемким процессом и требует выдерживания загрязненных пластин в щелочном растворе. Отдельные отмоченные пластины, вынутые из кассет аппарата, очищаются скребками. В результате чистки, как правило, сепаратор деформируется, что нарушает нормальную работу гидрофильтра. Поэтому отсутствие необходимости применения пластинчатых сепараторов в гидрофильтре при сохранении высокого коэффициента очистки является основным положительным фактором, характеризующим его конструкцию.

Если рассматривать гидрофильтры по эксплуатационным показателям, то можно сказать, что почти у всех гидрофильтров (за исключением барботажно-вихревых) при нормальной

их работе (т. е. своевременной их очистке, обеспечивающей постоянное поступление воды) производительность приблизительно через 160 ч работы после очистки снижается на 15—20%.

Главным недостатком большинства гидрофильтров является отсутствие стабильной равномерности подачи воды из-за быстрого загрязнения отдельных водораздающих элементов, а также сложность очистки некоторых элементов (водоподающих труб с отверстиями и форсунками, пластинчатых сепараторов).

Основным недостатком безнасосного барботажно-вихревого гидрофильтра является его большая чувствительность к уровню стояния воды в ванне; в случае понижения этого уровня коэффициент очистки сильно падает, при повышении резко уменьшается объем отсасываемого воздуха.

Для уменьшения забивания краской элементов гидрофильтров, облегчения процесса их очистки и соответственно снижения эксплуатационных затрат проводят обработку воды, циркулирующей в гидрофильтрах. В воду добавляют химические средства, которые, обладая клейкой способностью, собирают краску в виде пасты (лепешки), плавающей на водяной поверхности ванны гидрофильтра или опускающейся на дно ванны. Эту пасту легко можно удалить из воды. Так, в кузовном цехе завода ЗИЛ на 1 м³ воды, циркулирующей в каскадном гидрофильтре, добавляют около 10 кг каустической соды и 10 кг эмульгатора или эмульсии, в состав которых входят: эмульсол, сода кальцинированная, сода каустическая, гексахлорофен.

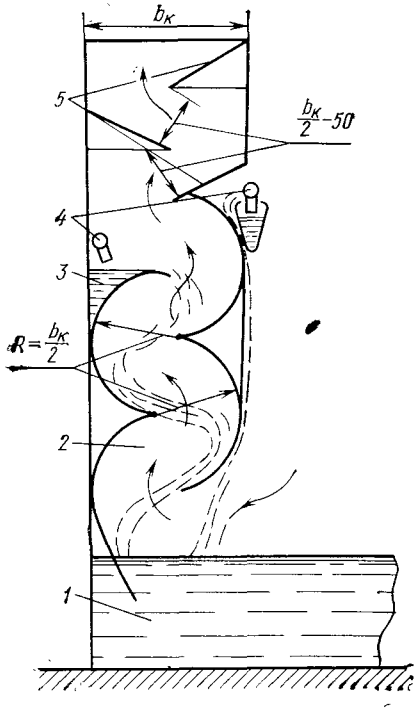


Рис. 19. Схема гидрофильтра с S-образным промываемым каналом:
1 — водоотстойная ванна; *2* — промывной канал; *3* — водосборный лоток; *4* — водоподающие трубы; *5* — каплеотбойные плоскости

На одном из предприятий разработана агломерирующая добавка для меламиноалкидных эмалей. Компоненты добавки: NaOH — 4,35 г/л; Na_2CO_3 — 0,13 г/л; декстрин — 0,5 г/л. Приготовляемый раствор: NaOH—680 г/л, Na_2CO_3—20 г/л. Приготовленный раствор загружают в воду ванны окрасочной камеры из рас-

чета 9,5 г/л (0,1 мл/л). Рассчитанное количество декстрина необходимо развести в воде до полного растворения, подогреть до температуры 60—70° С и загрузить в воду ванны окрасочной камеры. Величина pH раствора должна поддерживаться в пределах 12,8—110. В случае понижения pH раствора необходимо увеличить содержание каустической и кальцинированной соды.

Проведенные исследования позволили рекомендовать промышленности насосный гидрофильтр с S-образным каналом и переливом воды через борт ванны (рис. 19). Безнасосный гидрофильтр, несмотря на более высокий коэффициент очистки, уступает другим по эксплуатационным показателям.

На экспериментальном участке одного из заводов в полупроизводственных условиях научным сотрудником ВЦНИИОТ В. В. Заусалиной были проведены исследования такого гидрофильтра [35]. Целью исследований было выявление наиболее эффективных режимов его работы. При этом определялись:

коэффициент очистки воздуха от красочной пыли $\eta_к$ и от паров растворителей $\eta_{раст}$ (%), удельная пропускная способность по воздуху ($м^3/ч$) на 1 м длины гидрофильтра, удельный расход воды q (л) на 1 $м^3$ очищаемого воздуха, сопротивление гидрофильтра p ($кгс/м^2$). Поперечный размер R живого сечения исследуемого гидрофильтра шириной $b_к$ составлял 310 мм (см. рис. 19). Общая длина гидрофильтра 2 м.

Исследования проводились при пневматическом распылении нитрокраски НЦ-11, НЦ-25, НЦ-246. Несколько опытов было проведено при нанесении на изделия меламиноалкидной краски МЛ-12. Краска наносилась на изделия типа труб, швеллеров длиной 300—500 мм краскораспылителем С-765.

Для определения коэффициента очистки воздух, поступающий в гидрофильтр, и воздух, прошедший в нем очистку, анализировались на наличие красочной пыли и паров доминирующего растворителя (толуола). Концентрации вредных веществ определялись по общепринятой методике: содержание красочной пыли — по массе сухого остатка этой пыли на фильтре ткани ФПП; пары растворителя — экспресс-методом (с помощью прибора УГ-2). При исследуемом режиме в каждой точке (до и после гидрофильтра) отбирались по четыре пробы на красочную пыль и приблизительно столько же на пары растворителей. Всего было отобрано 172 пробы на красочную пыль и 143 на толуол.

При исследованиях скорость в узком сечении воздухопромывного канала изменялась от 2,5 до 7,2 м/с, что достигалось регулированием объемов воздуха; расход воды изменялся от 14,6 до 44,5 $м^3/ч$ при удельном расходе от 2 до 9,1 л на 1 $м^3$ воздуха.

Во всех опытах количество воды, подаваемой на переднюю стенку гидрофильтра, составляло 25—30% общего расхода. Осредненные результаты исследований приведены в табл. 11.

Таблица 11

Осредненные результаты исследований гидрофильтра

$v_{кан}$, м/с	Q, м³/ч	q, л/м³	G воды, м³/ч	p, кгс/м²	Концентрация растворителей			Концентрация красочной пыли		
					до гидрофильтра, мг/м³	после гидрофильтра, мг/м³	коэффициент очистки $\eta_{раст}$, %	до гидрофильтра, мг/м³	после гидрофильтра, мг/м³	коэффициент очистки, $\eta_к$, %
4,5	7 300	6,0	43,8	20,5	1600	1066	34	210	20,9	90
4,5	7 300	5,0	37,0	18,2	1680	1020	33	164	20	87,8
4,5	7 300	4,0	29,1	15,4	1390	930	34	196	24	87,8
4,5	7 300	3,0	21,9	16,8	1938	1340	31	163	20	87,8
4,5	7 300	2,0	14,6	15,2	2000	1080	46	139	15	89,2
5,5	9 000	5,0	44,5	28,4	1040	700	32,5	226	18	92,0
4,5	7 300	5,0	37,0	18,2	1500	1020	33	164	20	87,8
3,5	5 640	5,0	28,5	11,8	1510	1000	34	183	33	81,9
2,5	4 090	5,0	20,3	6,1	1660	1450	13	188	45	76,0
7,4	11 900	3,1	37,0	36,5	—	—	—	—	—	—
7,2	11 600	3,2	37,0	36,0	750	390	48	97	8,7	91,0
6,3	9 950	3,7	37,0	27,6	940	520	45	153	10,6	93,0
5,1	8 300	4,5	37,0	23,5	1640	820	50	155	13,8	91,1
4,5	7 300	5,0	37,0	18,2	1680	1020	33	164	20,0	87,8
3,5	5 750	6,0	37,0	11,8	1633	1100	34	218	27,5	87,4
2,5	4 060	9,1	37,0	7,4	1990	1590	20	281	48	82,8

Проведенные исследования показали, что коэффициент очистки воздуха по красочной пыли составляет 90—93%, по парам растворителя 30—50%.

Коэффициент очистки воздуха $\eta_к$ зависит от скорости воздуха в живом сечении промывного канала (рис. 20). Из рисунка видно, что при увеличении скорости воздуха от 0 до 3 м/с $\eta_к$ резко возрастает и достигает 80%. При увеличении от 3 до 6,5 м/с $\eta_к$ увеличивается еще приблизительно на 14%. Дальнейшее повышение скорости почти не увеличивает $\eta_к$. На этом участке кривая асимптотически приближается к 100%.

Удельный расход воды в пределах от 2 до 5 л на 1 м³ воздуха почти не влияет на коэффициент очистки воздуха как по красочной пыли, так и по парам растворителя (см. рис. 20). Некоторое увеличение $\eta_к$ по пыли отмечается только при повышении q с 5 до 6 л на 1 м³ воздуха ($\eta_к$ возрастает на 2%).

Исследования гидрофильтра показали, что его сопротивление p находится в квадратичной зависимости от скорости воздуха в живом сечении промывного канала и незначительно зависит от расхода воды.

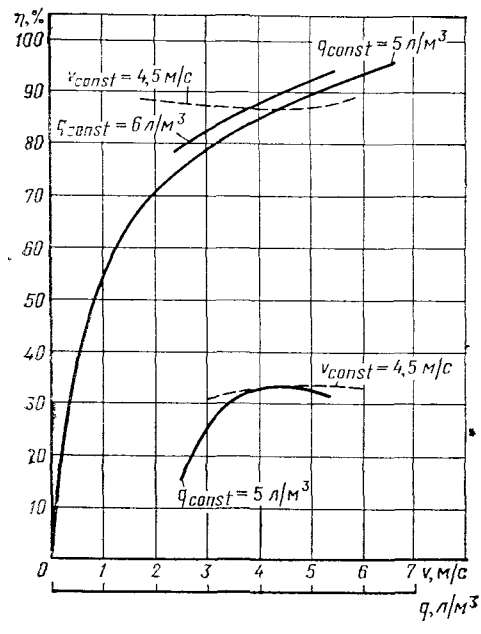


Рис. 20. Зависимость эффективности гидрофильтра от скорости и расхода воды в промывном канале:
——— при постоянном расходе;
– – – – – при постоянной скорости

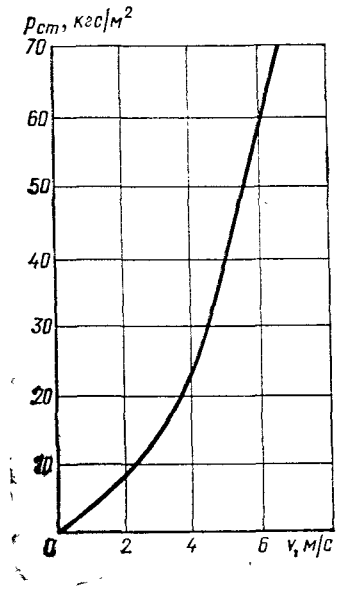


Рис. 21. Зависимость сопротивления гидрофильтра от скорости воздуха в промывном канале

Так, при изменении q в 3 раза сопротивление меняется на 30%.

Отключение воды несколько снижает сопротивление гидрофильтра. Так, при скорости $v = 5{,}5$ м/с это понижение составляет приблизительно 30%. Характер зависимости сопротивления от скорости движения воздуха при отключенной воде остается квадратичным, так же как и при подаче воды в гидрофильтр.

Обычно в гидрофильтрах в качестве каплеотделителей использовали сепараторы, которые, как известно, улавливали не только влагу, но и краску. Поэтому в отдельных опытах упомянутые выше отбойные щитки, выполнявшие роль каплеотделителей, заменяли пластинчатыми сепараторами (высотой 200 мм), и при равных условиях для гидрофильтра определяли коэффициенты очистки. Полученные результаты показали, что коэффициент очистки воздуха как при установке водоотбойных щитков, так и при установке сепараторов одинаков (см. табл. 11).

Для определения влияния состава применяемого лакокрасочного материала на эффективность очистки воздуха в гидрофильтре было взято несколько проб при нанесении на изделия

медленно сохнущей меламиноалкидной краски МЛ-12. Коэффициенты очистки воздуха в гидрофильтре от красочной пыли и от паров растворителя при окраске изделий меламиноалкидной краской и нитрокрасками несколько различаются. При использовании нитрокрасок коэффициент очистки выше.

Результаты исследований позволили сделать следующие выводы.

1. Воздухопромывной канал, образованный четырьмя лежачими полуцилиндрами (со смещенными относительно друг друга центрами), способствует созданию вихревых потоков воды и воздуха и наиболее полному задержанию красочного аэрозоля.

2. Подача воды в промывной канал патрубками относительно большого диаметра с последующим переливом ее через борт лотка обеспечивает стабильную работу гидрофильтра. Вследствие этого загрязненность краской водоотбойных плоскостей, воздуховодов и вентилятора незначительна (1,5—2 мм через 2—3 месяца после очередной чистки).

3. Коэффициент очистки зависит в основном от скорости воздуха в промывном канале. Однако при скорости свыше 6,5 м/с коэффициент возрастает незначительно.

4. Изменение удельного расхода воды в диапазоне от 2 до 5 л на 1 м^3 воздуха не оказывает влияния на коэффициент очистки.

5. Сопротивление гидрофильтра находится в квадратичной зависимости от скорости воздуха в промывном канале. Подача воды в гидрофильтр несколько повышает его сопротивление.

На основании проведенных исследований (а также измерений сопротивления гидрофильтров нескольких действующих промышленных установок) могут быть даны следующие рекомендации по проектированию гидрофильтров с S-образным воздухопромывным каналом. Гидрофильтр проектируется как самостоятельное устройство в виде вертикального канала, заканчивающегося водоотстойной ванной.

Подача воды в ванну-лоток производится у верхнего полуцилиндра через трубу с патрубками, расположенными с шагом 400—500 мм. Диаметр патрубка должен быть не менее 25 мм для предотвращения забивания его краской. Через бортик ванны-лотка, который устанавливается строго горизонтально по уровню, вода равномерно падает вниз на плоскость противоположного цилиндра.

В гидрофильтрах камер с боковым отсосом (см. рис. 19) воздух вначале проходит через водяную завесу, образующуюся в плоскости воздухоприемного отверстия за счет стекающей по экрану воды.

В гидрофильтрах камер с нижним отсосом (см. рис. 38) первоначальная очистка воздуха осуществляется при прохождении его через водяную завесу на входе в гидрофильтр.

Отстойная ванна оборудуется трубопроводами: подающим (водопроводным) — для заполнения ванны водой в начале работы и добавления свежей по мере необходимости; всасывающим — для забора воды на рециркуляцию; сливным — для опорожнения ванны в период очистки; переливным — для предотвращения переливания воды через борт и поддержания уровня воды в ванне не выше заданного. Диаметры труб определяются временем наполнения и опорожнения ванны, принимаемым в пределах 1 ч.

Рециркулирующая вода перед поступлением в насос очищается в сетчатых фильтрах, расположенных в ванне. Для задержания капельной влаги в верхней части воздухопромывного канала предусматриваются три водоотбойных щитка, которые устанавливаются вдоль гидрофильтра под углом 12—15° к горизонту, перекрывая друг друга на 50 мм.

Работа гидрофильтра характеризуется пропускной способностью по воздуху L, м³/ч; удельным расходом воды q в литрах на 1 м³ очищаемого воздуха; сопротивлением p, кг/м²; коэффициентом очистки воздуха от красочной пыли $\eta_к$ и паров растворителей $\eta_{раст}$.

Пропускная способность гидрофильтров определяется скоростью движения воздуха в живом сечении промывного канала, которую рекомендуется принимать 5—6,5 м/с. Этой скорости соответствует коэффициент очистки воздуха от красочной пыли и паров растворителей $\eta_к = 90—99\%$; $\eta_{раст} = 30—35\%$ (см. рис. 20).

Удельное количество циркулирующей воды рекомендуется принимать в пределах от 2 до 3 л/м³ воздуха (дальнейшее увеличение количества воды почти не сказывается на эффективности очистки).

Количество свежей воды, добавляемой в гидрофильтр, принимается из расчета 1—2% от количества циркулирующей.

Сопротивление гидрофильтра определяется скоростью воздуха в промывном канале; оно может быть подсчитано по приближенной формуле

$$p = 1{,}6v^2$$

или определено по графику (см. рис. 21). Для указанных выше значений v и q полное сопротивление гидрофильтра составляет приблизительно 42—79 кг/м².

Коэффициент очистки воздуха от красочной пыли (%) при скорости 2—6 м/с может быть определен по формуле

$$\eta = 65 + 5v.$$

В целях унификации оборудования рекомендуется принимать гидрофильтры длиной 2,2; 3,2; 4,2 и шириной 0,8; 1,0 и 1,2 м, характеристика которых приведена в табл. 12.

Таблица 12

Характеристика гидрофильтров

Ширина гидрофильтра, мм	Показатели	Нагрузка		
		нормальная	минимальная	максимальная
800	Расход воздуха, м³/ч на 1 пог. м . .	6 300	5000	7 500
	Сопротивление, кгс/м²	40	23	60
	Наибольшая скорость, м/с	5	4	6
	Расход воды, м³/ч	15	12	19
1000	Расход воздуха, м³/ч на 1 пог. м . .	8 200	6 500	9 700
	Сопротивление, кгс/м²	40	23	60
	Наибольшая скорость, м/с	5	4	6
	Расход воды, м³/ч	20	16	24
1200	Расход воздуха, м³/ч на 1 пог. м . .	9 900	7 900	11 900
	Сопротивление, кгс/м²	40	23	60
	Наибольшая скорость, м/с	5	4	6
	Расход воды, м³/ч	25	20	30

Рекомендации по расчету рассеивания в атмосфере паров растворителей, содержащихся в вентиляционных выбросах. К расчету рассеивания в атмосфере паров растворителей следует приступать после того, как исчерпаны все технологические средства уменьшения валовых выбросов, о которых упоминалось выше: заменены составы на менее вредные; применены прогрессивные методы нанесения покрытий, сопровождающиеся минимальными потерями растворителей в воздушную струю и др.

Следует проектировать рациональное размещение окрасочного цеха на генеральном плане или окрасочного участка в корпусе с учетом обеспечения наилучшего естественного проветривания заводской площадки в соответствии с рекомендациями Руководства [16]. Необходимо также предусматривать увеличение эффективной высоты выбросов загрязненного воздуха за счет повышения скорости выброса («факельный выброс» со скоростью 15—25 м/с) и высоты выбросной шахты (без колпака) при соответствующем технико-экономическом расчете.

Расчет концентраций паров растворителей в приземном слое атмосферы, если задана высота выброса, следует начинать с определения граничной высоты выброса (источника) $H_{гр}$ в соответствии с Руководством [16]. При высоте выброса на уровне $H_{гр}$ и выше расчет проводится на основании Указаний [27]. При высоте выброса ниже $H_{гр}$ расчет проводится по Руководству [16].

Такие (более низкие) выбросы обычно достигают призем-

ного слоя атмосферы вблизи цеха в пределах промплощадки. В этом случае санитарные нормы допускают наличие в воздухе значительно более высоких концентраций вредных веществ, чем в атмосфере населенных пунктов (30% от ПДК в рабочей зоне, т. е. для толуола 17 мг/м^3 вместо 0,6 мг/м^3, а для ксилола 17 мг/м^3 вместо 0,2 мг/м^3).

При необходимости определения высоты выброса предварительный расчет проводится по Указаниям [27]. Сопоставлением вычисленной высоты с $H_{гр}$ устанавливается правомерность использования Указаний. В случае надобности концентрации пересчитываются по Руководству [16].

Глава 5. ВЕНТИЛЯЦИЯ КАМЕР ДЛЯ РУЧНОЙ ОКРАСКИ ИЗДЕЛИЙ

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЗДУХООБМЕНА В КАМЕРАХ

Как указывалось выше, одно из основных санитарно-технических требований, предъявляемых к организации технологического процесса при ручной окраске (господствующем методе нанесения), состоит в том, что окраску следует производить на фиксированных рабочих местах в вентилируемых камерах.

В действительности большинство промышленных изделий окрашивают в камерах, которые в составе оборудования окрасочных цехов имеют наиболее широкое распространение. Поэтому созданию рациональной вентиляции камер должно быть уделено особое внимание.

Камеры не только ограничивают распространение вредных выделений, сопровождающих окраску, по всему помещению, но и дают возможность при соответствующей организации потоков воздуха в них создать благоприятные условия труда непосредственно для маляра.

Камеры позволяют также обеспечить требуемые при высококачественной окраске технологическим регламентом параметры воздуха и особенно его чистоту, что достигается путем тщательной фильтрации подаваемого в камеру приточного воздуха.

Благоприятные условия труда обеспечиваются, если на рабочее место маляра будет поступать поток чистого воздуха в количестве и со скоростью, достаточными, чтобы отнести от лица рабочего пары растворителей и красочный аэрозоль, образующиеся вблизи окрашиваемой поверхности, и удалить их в атмосферу.

В зависимости от характера окрашиваемых изделий и организации технологического процесса камеры могут быть тупиковыми или проходными с горизонтальным или вертикальным движением воздуха в них.

Если по условиям организации технологического процесса окраска может производиться с постоянного рабочего места, маляр должен находиться вне камеры или в ее открытом проеме. Чистый воздух поступает через открытый проем из цеха и движется через камеру в горизонтальном направлении. Возду-

хоприемное отверстие располагают за окрашиваемым изделием (рис. 22). Такие камеры — камеры с боковым отсосом — оборудуют, как правило, только вытяжной вентиляцией. Для компенсации воздуха, удаляемого из камер, необходимое количество приточного воздуха подается в помещение цеха.

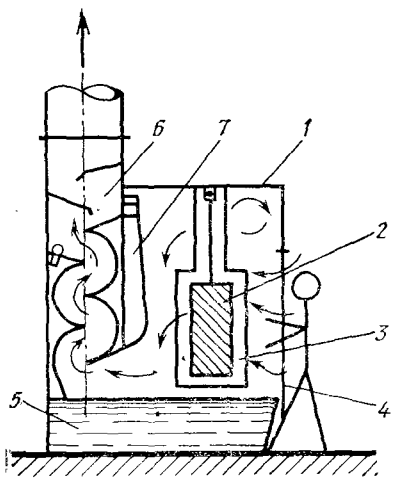


Рис. 22. Камера с боковым отсосом:

1 — корпус камеры; *2* — окрашиваемое изделие; *3* — транспортный проем; *4* — рабочий проем; *5* — отстойная ванна; *6* — гидрофильтр; *7* — водяной экран

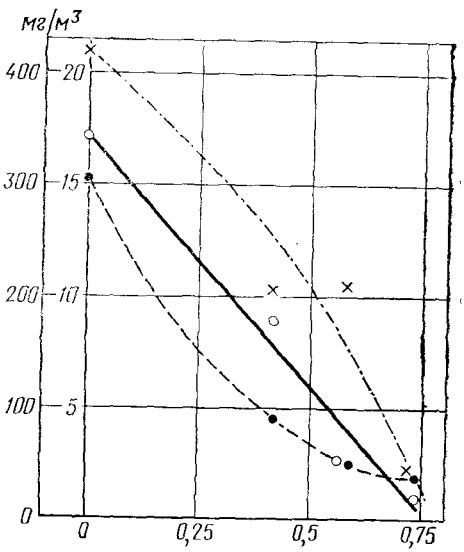


Рис. 23. Зависимость концентраций вредных выделений от скорости всасывания в рабочем проеме камеры:

— · — · — толуол; ———— бензол; — — — — красочная пыль

Компенсация вытяжки принудительным притоком, подаваемым непосредственно в камеру с боковым отсосом (и открытыми проемами), нежелательна и может быть допущена только как исключение по следующим причинам: приток, поданный в рабочую зону (особенно при неравномерном распределении воздуха), будет вызывать завихрения и, следовательно, дополнительное загрязнение воздуха вредными выделениями, сопровождающими окраску. В то же время он будет ослаблять способность камеры локализовать вредные выделения на местах окраски. Кроме того, приток существенно усложнит и удорожит вентиляцию камер.

Если при окраске крупных изделий маляр в процессе работы вынужден перемещаться по всей площади камер, в ней осуществляется вертикальное движение воздуха сверху вниз. Приточный воздух поступает через всю перфорированную поверхность

потолка, заполняя рабочую зону и оттесняя вниз красочный аэрозоль и пары растворителей, удаляемые через решетки в полу камеры (камеры с нижним отсосом).

В таких камерах окраска изделий может производиться на непрерывном конвейере (при высококачественной окраске) при условии устройства дополнительных тамбуров у транспортных проемов с подачей в каждый из них чистого воздуха. В случаях подачи изделий в камеру на конвейере периодического действия проемы следует закрывать дверями или оборудовать тамбурами.

При некачественных (защитных) покрытиях камеры с нижним отсосом допускается устраивать без принудительной подачи воздуха с подсосом его из цеха через открытый потолок камеры.

Для обеспечения благоприятных условий труда в камерах с горизонтальным движением воздуха (с боковым отсосом) главным является правильное положение рабочего. Наиболее просто благоприятные условия труда достигаются, если маляр находится за пределами камеры и проводит окраску через рабочий проем (см. рис. 14). Если рабочий находится в открытом проеме, через который воздух засасывается внутрь камеры, и периодически приближается к окрашиваемому изделию, также возможно поддерживать необходимую чистоту воздуха в зоне его дыхания.

Между скоростью всасывания и концентрациями вредных выделений в открытых проемах камер (при свободном подтекании воздуха в камере из помещения большего объема) существует обратная зависимость: чем больше скорости, тем меньше концентрации. Для установления характера этой зависимости в одной из производственных окрасочных камер был проведен специальный эксперимент. В камере тоннельного типа с боковым отсосом производили окраску изделий средней величины (щитков и крышек станка 1К-62), проходящих через камеру на подвесном конвейере. Маляр во время работы располагался в выходном проеме. Методом безвоздушного распыления наносилась эмаль № 924 с разведением ее до рабочей вязкости растворителем 646. Объемы отсасываемого при эксперименте воздуха регулировали так, что скорость всасывания в зоне дыхания маляра изменялась в пределах от 0 до 0,73 м/с.

Пробы отбирали на присутствие в воздухе красочной пыли и паров ксилола и бензола. Полученные результаты приведены на рис. 23. Из рисунка видно, что доминирующей вредностью является растворитель толуол, имеющий ПДК 50 мг/м³. Концентрация красочной пыли при увеличении скорости уменьшается быстрее, чем концентрация толуола и при скорости 0,4 м/с понижается до предельно допустимой величины. Для паров толуола ПДК едва достигается при скорости 0,7 м/с. Сравнительно с данными ряда исследований воздушной среды других ок-

расочных камер можно заметить, что концентрации толуола здесь оказываются повышенными, что связано с прохождением на конвейере свежеокрашенных изделий вблизи зоны дыхания маляра (бензол в настоящее время не применяется).

Исследования подтверждают, что эффективность местных отсосов от постов окраски находится в прямой зависимости от скоростей просасывания воздуха через рабочее место маляра, т. е. от интенсивности удаления вредных выделений из зоны дыхания рабочего. Установлено, что минимальная скорость, способная увлечь вредные выделения с рабочих мест при окраске в производственных камерах, приблизительно 0,5 м/с (а на напольных решетках при больших массах подтекающего к ним воздуха — 0,3 м/с). Величина необходимых скоростей всасывания, установленная опытным путем в зависимости от способов нанесения и составов ЛКМ, с одной стороны, и особенностей организации воздухообмена на рабочем месте, с другой стороны, лежит в пределах 0,3—1,3 м/с. Возможное ощущение переохлаждения, возникающее у рабочих, находящихся в зонах повышенных скоростей, должно предотвращаться использованием теплой одежды.

При расположении рабочего внутри камеры с боковым отсосом справа и слева от открытого проема, а тем более сзади изделия у воздухозаборного отверстия, загрязненность воздуха на рабочем месте всегда будет повышенной. Многочисленные исследования показали, что достигнуть в этих случаях в зоне дыхания маляра ПДК вредных выделений не представляется возможным. Исследованиями эффективности вентиляции одной из камер на заводе «Красный пролетарий» при пневматической окраске изделий средней величины на конвейере было, например, установлено, что когда маляр уходит из проема (в котором скорости всасывания составляют 1,25 м/с) внутрь камеры (рис. 24), концентрации красочной пыли в зоне его дыхания

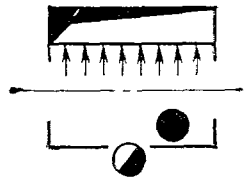


Рис. 24. Положение рабочего в камере с боковым отсосом:
правильное положение — чернобелый кружок, неправильное положение — черный кружок

возрастают в 4—8 раз и составляют 12,5 мг/м³ вместо 1,5—2,9 мг/м³.

На рис. 25 показаны схемы наиболее распространенных окрасочных камер с отсосом через воздухоприемное отверстие (высотой 0,4—0,5 м) гидрофильтра, расположенное на уровне приблизительно 0,7 м от пола по всей длине камеры.

Измерениями скоростей в отдельных проемах и их распределения по плоскости каждого проема установлено, что в пре-

делах одного проема скорости незначительно отклоняются от средних. Наблюдается некоторое повышение скоростей у кромок проемов, примыкающих к гидрофильтру, и в среднем в самих этих проемах. Так, в проходных камерах с гидрофильтром у одной из продольных стен (рис. 25, *б*) скорости в рабо-

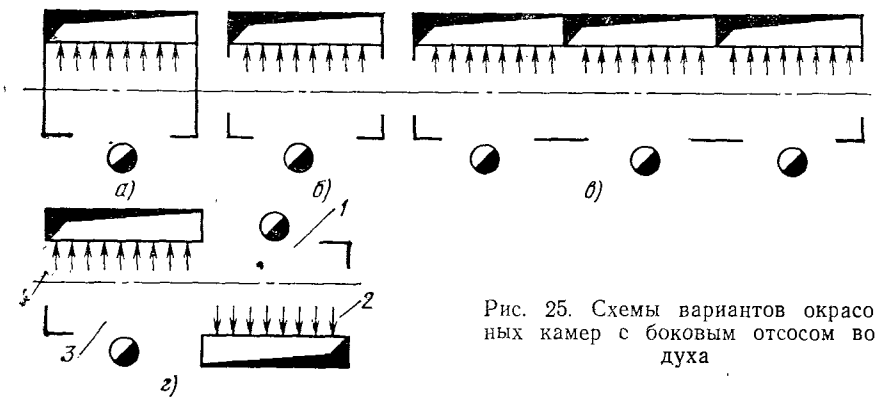


Рис. 25. Схемы вариантов окрасочных камер с боковым отсосом воздуха

чем проеме на 3—7% ниже средних, а в транспортных выше. В проходных спаренных камерах с расположением гидрофильтров в шахматном порядке (рис. 25, *г*) средние скорости в проемах *1* и *3* выше скоростей в проемах *2* и *4* приблизительно на 1/3. Расположение воздухоприемных отверстий за изделием на высоте 0,7 м от пола является наиболее рациональным для окраски обтекаемых изделий средней величины. Удаление воздуха через напольные решетки при открытом рабочем проеме нецелесообразно. В этом случае в нижней зоне проема скорости всасывания будут повышенными, а в верхней — в зоне расположения головы рабочего — пониженными. Это при неизменной средней скорости приведет к уменьшению эффективности вентиляции камеры.

При окраске плоских изделий большой площади, заслоняющих воздухоприемное отверстие, необходимо выполнять камеры наиболее глубокими с ограниченной площадью рабочего проема и максимально уменьшенной площадью транспортных проемов. Все это будет способствовать созданию равномерных скоростей всасывания в рабочем проеме. При высоких изделиях подъемную рабочую площадку рекомендуется оборудовать плоскостями, ограничивающими площадь рабочего проема (перемещающимися вместе с рабочей площадкой) по схеме, показанной на рис. 26.

При проектировании вентиляции камер с вертикальным движением воздуха (с нижним отсосом и верхней подачей) главным требованием является необходимость обеспечения прямо-

точности течения воздуха через камеру без циркуляционных зон и обратных потоков. Это достигается равномерностью подачи приточного воздуха по всей площади подшивного потолка при перпендикулярном направлении выпуска (рис. 27, *а*). Если даже одно из этих условий не выполняется, картина течения воздуха в камере существенно меняется. На рис. 27, *б* показана циркуляция воздуха в камере при равномерном выпуске через перфорированный подшивной потолок, но при наличии струй, выходящих со скосом у корня воздуховода, вследствие чего происходит сбивание притока к противоположному торцу камеры. Из рисунка видно, что в камере при этом происходит перемешивание воздуха с частичным возвратом его к потолку. В первом случае (см. рис. 27, *а*) при прямоточном течении вся зона дыхания маляра заполняется чистым воздухом, а загрязненный от-

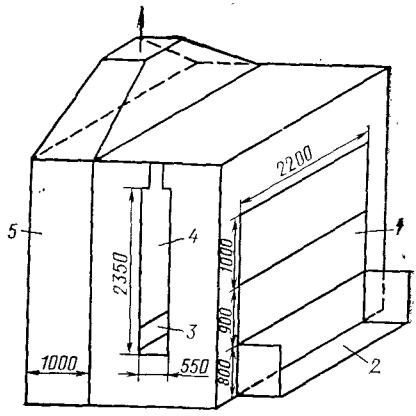


Рис. 26. Камера с подъемной рабочей площадкой при постоянной площади рабочего проема:
1 — постоянное рабочее отверстие в передвижном щите; *2* — подъемная площадка; *3* — воздухоприемное отверстие; *4* — транспортный проем; *5* — гидрофильтр

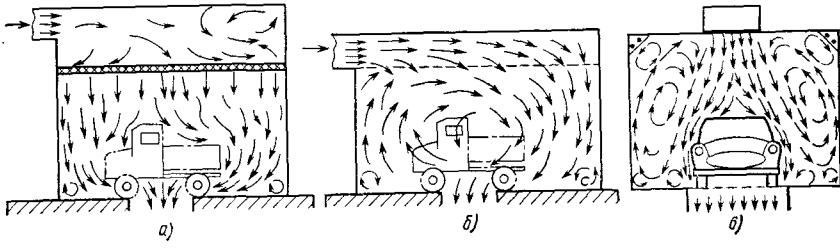


Рис. 27. Циркуляция потоков в камере с нижним отсосом и верхней подачей воздуха

тесняется вниз. Во втором случае (см. рис. 27, *б*) к приточному воздуху подмешивается загрязненный воздух и только часть его кратчайшим путем удаляется под решетку. Еще более неблагоприятная циркуляция воздуха возникает в камере с подачей притока через воздуховод, проложенный, например, по центру вдоль камеры (рис. 27, *в*).

Обеспечение прямоточного движения воздуха в камере при больших удельных расходах воздуха (более 1500 м³/ч·м²) является сложной задачей, которую не удалось решить с помощью

так называемых воздуховодов равномерной раздачи или перфорированных потолков.

В последние годы для этой цели в отечественной практике и за рубежом стали использовать в воздухораспределителях в качестве выравнивающего сопротивления объемные фильтры, одновременно служащие для окончательной очистки воздуха. На передовых отечественных предприятиях (ЗИЛ, ГАЗ, АЗЛК и др.) для воздухораспределения были применены многослойные металлические сетки (фильтры Рекк), нетканые волокнистые материалы и т. п. Эти материалы закладывают в отдельные кассеты, которыми закрывают всю площадь потолка (рис. 28). Можно также использовать и рулонные материалы с раскладкой их по направляющим каркаса воздухоподающего короба — подшивного потолка.

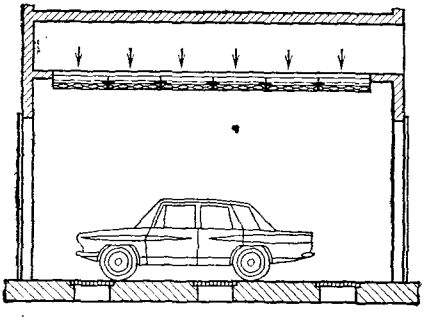


Рис. 28. Потолок камеры с кассетами фильтрующего материала

Для оценки необходимых и достаточных условий «прямоточности» движения воздуха (при удалении его через напольную решетку) во ВЦНИИОТ были проведены исследования на модели [39, 41]. При моделировании исследовалась степень равномерности движения воздуха в камере при подаче не только описанным способом, но также и при подаче его через воздуховоды равномерной раздачи и перфорированные потолки. Результаты исследований показали, что в последних двух случаях обеспечивается лишь относительная равномерность, при которой полностью не устраняется даже возможность возникновения обратных потоков. В результате исследований было установлено следующее.

Обеспечение достаточной равномерности воздухораспределения по всей площади потолка достигается при подаче его в камеру поддува — короб, образованный строительным и подшивным потолком камеры, перекрытым объемным фильтрующим материалом. Конечная равномерность течения воздуха в камере зависит от степени равномерности его распределения внутри короба и выравнивающей способности фильтрующего слоя, что определяется схемой присоединения воздуховодов к приточному коробу, отношением площади потолка камеры $F_к$ к площади воздуховодов на входе в приточный короб $\Sigma F_в$, степенью неравномерности воздушного потока на входе в короб, гидравлическим сопротивлением и толщиной фильтрующего слоя.

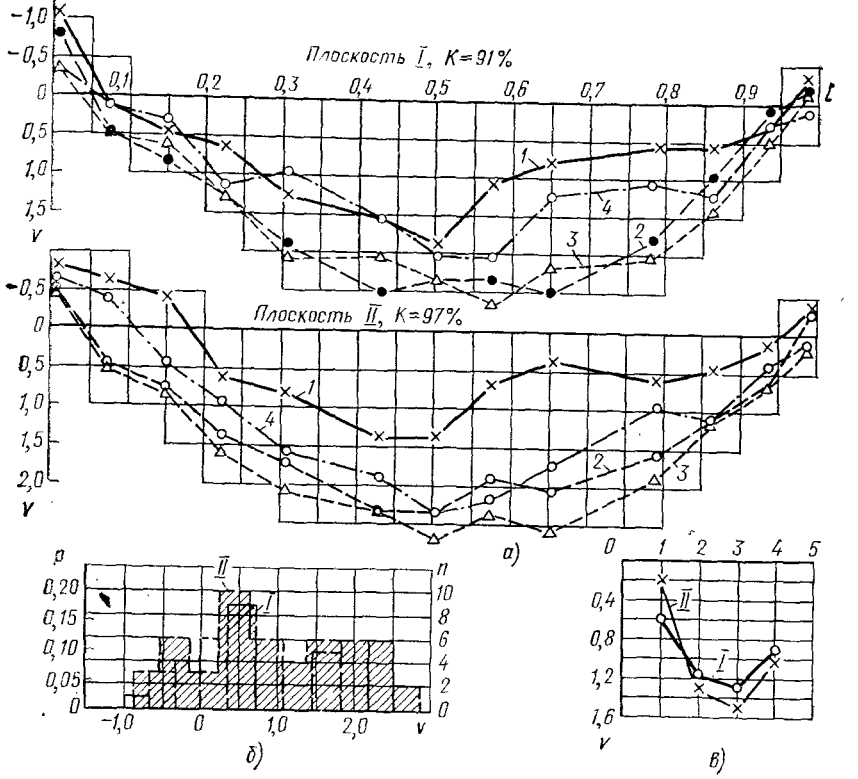


Рис. 29. Распределение скоростей в камере при подаче воздуха воздуховодами равномерной раздачи прямоугольной формы:

а — безразмерные поля скоростей $\left(\frac{v_x}{v_{ср}}\right)$ по четырем продольным осям камеры в плоскостях *I* и *II*; *б* — гистограммы экспериментального распределения скоростей по величине для плоскостей *I* и *II*; *в* — распределение средних по осям *1—4* скоростей для плоскостей *I* и *II*; в поперечном сечении полукамеры

На рис. 29 показаны, например, результаты исследования скоростных полей на лабораторной модели, выполненной в масштабе 1 : 5, широко распространенной окрасочной камеры с размерами в натуре 5×8 м при высоте 4 м. Принимая во внимание полную симметрию камеры и удобство проведения исследований, моделировали одну продольную половину натуры. Показанные скоростные поля получены при подаче воздуха воздуховодами равномерной раздачи прямоугольной формы с подводом воздуха с двух торцовых сторон камеры. Основная масса воздуха и, следовательно, наибольшие скорости соответствуют конечным участкам воздуховодов. Под корнями воздуховодов наблюдаются обратные потоки как в плоскости *I* на расстоянии

1,25 м от потолка, так и в плоскости *II* в рабочей зоне на расстоянии 1,25 м от пола. Можно отметить значительную разницу в скоростях по поперечному сечению камеры, получающуюся вследствие того, что воздуховоды занимают лишь 75% площади потолка.

Для количественной оценки неравномерности распределения скоростей использованы методы математической статистики и теории вероятностей.

Сравнение отдельных вариантов воздухораспределения проводили по относительным характеристикам рассеивания — коэффициентам вариации (который в дальнейшем будем называть коэффициентом неравномерности):

$$K = \frac{\sigma}{v_{ср}} 100\%,$$

где δ — среднеквадратичное отклонение локальных скоростей от $v_{ср}$. Чем больше величина этого коэффициента, тем больше амплитуда отклонения локальных скоростей от их среднего значения, тем больше неравномерность поля скоростей. При полной равномерности коэффициент $K=0$. Полученные коэффициенты неравномерности для различных исследованных способов воздухораспределения приведены в табл. 13, из которой видно,

Таблица 13

Значение коэффициента неравномерности для воздухораспределителей

Тип воздухораспределителя	$\frac{F_к}{F_0}$	$\frac{F_к}{F_в}$	K, %		
			K_I	K_{II}	$K_{ср}$
Воздуховоды клиновидной формы . . .	7,6	5	87	100	93,5
Воздуховоды прямоугольной формы . .	7,6	5	91	96,6	93,8
Перфорированный потолок $f=0,3$ . . .	13	5	124	106	115
Приточный короб со слоем филвозона при горизонтальном подводе воздуха . .	13	5	58	58	58
Приточный короб со слоем филвозона при вертикальном подводе воздуха . . .	13	5	50	60,5	55,25
Воздуховоды прямоугольной формы со слоем филвозона	7,6	5	48,7	48,6	48,65

что в первых трех случаях коэффициенты K очень высоки и лежат в пределах 87—124%.

При использовании слоя филвозона или другого слоя, представляющего собой объемное сопротивление, коэффициент K уменьшается почти в 2 раза, исчезают обратные потоки. На основании проведенных исследований можно сказать, что практически достижимая и достаточная равномерность для окрасочных камер может быть характеризована $K \approx 50\%$. При $K \leqslant 50\%$ течение в камере будет прямоточным — обратные потоки и циркуляционные зоны исключены, а локальные скорости могут

(с вероятностью 0,68) отличаться от средней по сечению не более чем на 58%. Вероятность же появления скоростей, отличающихся от средней более чем в 2 раза, будет ничтожно мала.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ КАМЕР

Исследования эффективности вентиляции нескольких производственных окрасочных камер были выполнены комплексной бригадой сотрудников ВЦНИИОТ в составе специалистов по промышленной гигиене, вентиляции и химии. Исследования проводились при применении как старых, так и новых прогрессивных методов ручного распыления и имели одновременной целью получить санитарно-техническую характеристику этих методов. Измерение объемов и скоростей воздуха при исследованиях проводилось с помощью пневмометрической трубки и микроманометра, а также крыльчатого анемометра. Анализы воздуха на присутствие паров растворителей определялись в основном экспресс-методом с помощью прибора УГ-2. Содержание красочной пыли в воздухе определялось по массе сухого остатка пыли на фильтре из ткани ФПП.

На одном из машиностроительных заводов были исследованы две окрасочные камеры с каскадными гидрофильтрами, предназначенные для окраски плоских небольших деталей простой конфигурации. Передняя стенка гидрофильтров использовалась как водяной экран. В качестве лакокрасочных материалов применялись для грунтовки в камере № 1 — грунт № 138, для окраски в камере № 2 — меламиноформальдегидная эмаль МЛ-165; для разбавления лакокрасочных материалов до рабочей вязкости — сольвент или ксилол. Характеристика готовых к употреблению материалов приведена в табл. 14. Окраску деталей производили методом пневматического распыления при подаче лакокрасочного материала из красконагнетательного бачка.

Таблица 14

Характеристика лакокрасочных материалов (готовых к употреблению)

ЛКМ	Пигменты, %		Пленкообразователи, %	Растворители, %				
	Всего	В том числе содержащая свинец		Сольвент	Ксилол	Уайт-спирит	Бутиловый спирт	Всего
Эмаль МЛ-165 . .	4,6	—	41,2	—	37,3	0,37	16,45	54,12
Грунт № 138 . . .	50,0	11,7	13,4	28,3	—	8,3	—	36,6

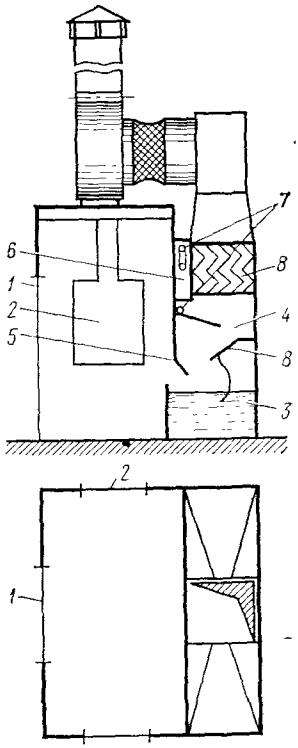


Рис. 30. Камеры № 1 и 2 с боковым отсосом:

1 — рабочий проем; *2* — транспортный проем; *3* — ванна для воды; *4* — промывной канал; *5* — передняя стенка гидрофильтра; *6* — бачок для ванны; *7* — водораспределительные трубы; *8* — сепаратор

Камеры размерами в плане 3×2,5 м, высотой 2,8 м имеют рабочий проем *1* и два транспортных проема *2* (рис. 30). Отсос воздуха производится со стороны, противоположной рабочему проему, через гидрофильтр. Маляр во время работы располагался в основном в проеме *1*. Окраска изделий осуществлялась в конвейерном потоке. Отсос воздуха от каждой камеры производился центробежным вентилятором, установленным на камере. Аэродинамическое испытание окрасочных камер показало, что объем воздуха, отсасываемого от каждой камеры, составляет приблизительно 17 000 м³/ч при средней скорости в проемах 1,18 м/с. Распределение скоростей в пределах каждого проема относительно равномерное. В транспортных проемах скорости в среднем на 7% выше, а в рабочем на 5% ниже средней. При исследованиях отбирались пробы воздуха на пары растворителей и красочную пыль.

Результаты анализов приведены в табл. 15, из которой видно, что на рабочем месте маляра, в зоне его дыхания, концентрации красочной пыли составляли 1,5—2,5 мг/м³, ксилола — 14,3 мг/м³, сольвента 37 мг/м³, бутилового спирта 6 мг/м³ и, кроме того, обнаружен свинец в количествах меньше 0,005 мг/м³ и уайт-спирит 6 мг/м³. Все концентрации существенно ниже предельно допустимых. В процессе окраски маляр иногда нарушал предусмотренный порядок работы и заходил внутрь камеры (в сторону от проема). При этом концентрации вредных выделений в зоне его дыхания увеличивались в 2—3 раза.

Конструкция камеры № 3 с боковым отсосом (завод «Мосрентген») аналогична описанным выше. В камере размерами в плане 1,5×1,6 м (см. рис. 30) окрашивались эмалью МЛ-12 методом пневмоэлектростатического распыления штанги, кожухи, тумбы и т. п. изделия, подвешенные на конвейере.

Вентиляция камеры осуществлялась с помощью центробежного вентилятора ВР № 6, обеспечивающего отсос воздуха через гидрофильтр. Объем отсасываемого воздуха в период испы-

Таблица 15

Содержание вредных выделений в воздухе на рабочем месте маляра в камерах № 1 и 2, мг/м³

Вещество	Концентрация	Средняя концентрация	ПДК
Красочная пыль:			
камера № 1	1,2; 1,5; 4,2; 1,8; 2,7; 2,01; 1,4; 1,3	2,28	5
камера № 2	1,82; 2,3; 2,01; 1,4; 1,3; 2,01; 1,4; 1,3	1,73	
Ксилол:			
камера № 1	10; 10; 20; 10; 20; 10; 20	14,3	50
камера № 2	—	—	
Сольвент:			
камера № 1	—	—	100
камера № 2	20; 40; 40; 50; 40; 60; 40; 60; 6; 10; 10	37	
Бутиловый спирт:			
камера № 1	5,8—6,2	60	10
камера № 2	—	—	

Примечания: 1. В камере № 1 производится окраска эмалью МЛ-165, в камере № 2 — грунтовка грунтом № 138.

2. Приведенные в табл. 15, а также в табл. 16,24 и 30 средние значения концентраций вредных веществ могут быть использованы для сопоставления гигиенической эффективности вентиляции.

таний составлял 11 000 м³/г при средней скорости всасывания в открытые проемы 0,5 м/с. Эффективность вентиляции оценивалась по степени загрязненности воздуха на присутствие в нем красочной пыли и доминирующего растворителя-ксилола. Полученные при исследованиях концентрации приведены в табл. 16. Из таблицы видно, что содержание красочной пыли и ксилола в зоне дыхания маляра близки к фоновым и находятся на уровне ПДК. Повышенные концентрации ксилола в единичных пробах связаны с неправильными приемами работы. В отсасываемом воздухе найдены значительно большие концентрации вредных выделений. На этом основании можно считать скорость в рабочем проеме, равную 0,5 м/с, достаточной для обеспечения

Таблица 16

Содержание вредных выделений в воздухе на рабочем месте маляра в камере № 3, мг/м³

Вещество	Концентрация	Средняя концентрация	ПДК
Красочная пыль: в зоне дыхания	1,4; 1,9; 1,9; 2,2; 2,3; 2,3; 0,8; 1,0; 1,8; 2,0; 2,0; 2,3; 2,3	1,9	5
в воздухоприемном отверстии	27; 30; 34,7; 38,7	32,5	—
Ксилол: в зоне дыхания	70; 100; 100; 50; 50; 50; 50; 50; 50	63	50
в воздухоприемном отверстии	150; 160; 250	186	—
в помещении (фон)	40; 50; 32	40	—

удовлетворительных условий при окраске пневмоэлектростатическим нанесением.

Камера № 4, построенная на одном авторемонтном заводе, предназначена для окраски кабин и других частей грузовых автомобилей. Эта камера (рис. 31) размером 3,5×3,5 м со стенками высотой 2 м из листовой стали не имеет потолка. По центру камеры в полу сделано вытяжное отверстие размером 1,2×1,2 м, закрытое решеткой. Из этого отверстия отсасываемый воздух по подпольному каналу, где установлены два ряда форсунок, распыляющих воду, направляется к сепаратору. Он расположен на вертикальном участке воздуховода, который образует одну из стенок камеры. Осевым вентилятором, установленным в воздуховоде, воздух выбрасывается в атмосферу.

Для прохода изделий в двух противоположных стенках камеры сделаны ворота, которые во время окраски должны быть закрыты. При окраске изделия помещают на решетчатую тележку, стеллаж или подвешивают над центром вытяжного отверстия. Воздух поступает в камеру сверху, из помещения сборочного цеха.

Измерениями установлено, что из камеры удаляется 17 300 м³/ч воздуха. При этом скорость воздуха, проходящего через камеру сверху вниз, в среднем составляет 0,39 м/с, а если учесть подсосы через щели под воротами — приблизительно 0,35 м/с, а удельный расход вентиляционного воздуха 1400 м³ на 1 м² пола камеры.

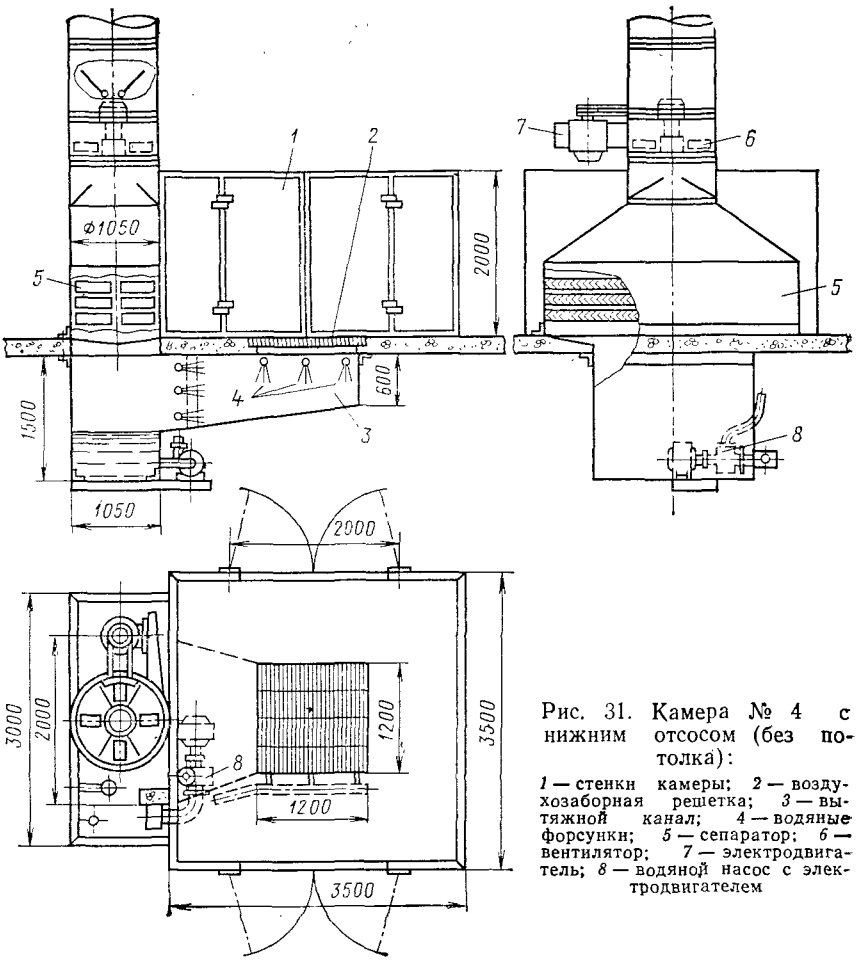


Рис. 31. Камера № 4 с нижним отсосом (без потолка):

1 — стенки камеры; *2* — воздухозаборная решетка; *3* — вытяжной канал; *4* — водяные форсунки; *5* — сепаратор; *6* — вентилятор; *7* — электродвигатель; *8* — водяной насос с электродвигателем

При испытании кабины и детали грузовых автомашин окрашивали одним пульверизатором нитроэмалью ЗИС-507 с растворителем 646 на толуоле. Чтобы определить эффективность работы камеры, пробы воздуха отбирали в зоне дыхания маляра, а также в вытяжном воздуховоде до сепаратора.

Анализы воздуха показали, что в зоне дыхания маляра концентрация красочного аэрозоля составляла в среднем 2,2 мг/м^3, толуола 75 мг/м^3 и свинца менее 0,01 мг/м^3. Таким образом, предельно допустимые концентрации не были достигнуты лишь по толуолу (75 вместо 50 мг/м^3), в результате чего были сделаны выводы о необходимости увеличения объема вентиляционного воздуха. Относительно хорошую эффективность вентиляции камеры подтверждают высокие концентрации вредных вы-

делений, обнаруженных в отсасываемом воздухе. Эти концентрации по красочному аэрозолю в 10 раз выше концентраций на рабочем месте, а по толуолу в 3 раза.

Камера № 5 с размерами в плане 3,6×3,5 м, высотой 5 м предназначена для ручной окраски распылением изделий с габаритами приблизительно 1,5×1,5×2,5 м типа трансформаторных шкафов, тележек, рам, решеток, и т. п. изделий.

Изделия поступают в камеру на подвесном пульсирующем конвейере через транспортные проемы, оборудованные автоматически открывающимися дверями.

Во время окраски маляр находится внутри камеры, входной и транспортные проемы закрыты. Особенностью камеры является подъемная площадка, с которой маляр производит окраску. При необходимости изделия, подвешенные на поворотном крюке, могут быть повернуты в требуемом направлении.

Загрязненный воздух удаляется через напольную решетку. Затем он проходит очистку в каскадном гидрофильтре. Воздух, взамен удаляемого, подсасывается через открытый потолок камеры.

Результаты измерений показали, что количество воздуха, отсасываемого из камеры, равно 20 600 м³/ч, что составляет 1600 м³/ч на 1 м² пола камеры. Величины скоростей, измеренных по четырем горизонтальным сечениям камеры, представлены на рис. 32, из которого видно, что 76% основного количества воздуха засасывается через первый и второй ряды решеток, примыкающие к гидрофильтру. Через два ряда решеток, ближайших к входной двери и к рабочему месту (см. рис. 32) отсасывается приблизительно 7% воздуха. Такое распределение вытяжки по полу камеры можно считать целесообразным, так как при этом основная часть вредных выделений удаляется из камеры, минуя зону дыхания маляра.

Скорости на высоте 1,6 м от пола, т. е. в рабочей зоне, распределяются относительно равномерно. Уменьшение скорости по направлению к задней стенке камеры объясняется тем, что часть потолка над этой зоной закрыта. В зоне пребывания маляра скорость в среднем составляет 0,6 м/с.

На высоте 3 м от пола распределение скоростей остается почти таким же, как в рабочей зоне, только под глухими участками потолка движения воздуха не обнаруживается. В зоне подъемной площадки скорость составляет в среднем 0,68 м/с.

Распределение скоростей в открытом проеме потолка довольно равномерное.

Таким образом, можно считать, что перетекание воздуха через камеру в общем благоприятное и может обеспечить удовлетворительные условия труда.

Для оценки эффективности вентиляции в камере были отобраны пробы на содержание в воздухе красочной пыли и сольвента паров доминирующего растворителя при обычной пульве-

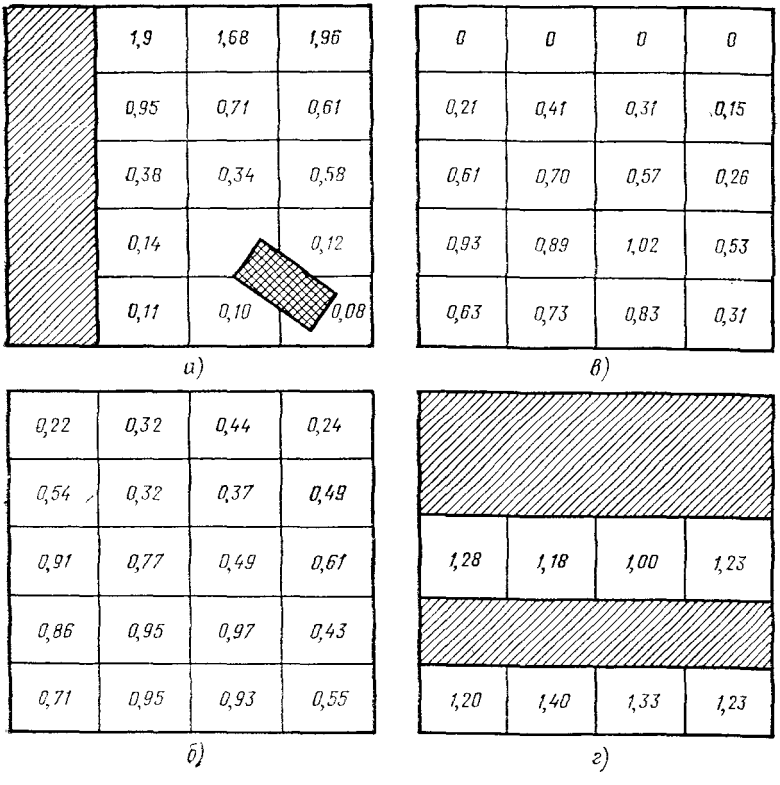


Рис. 32. Распределение скоростей в сечениях камеры № 5:
а — на вытяжной напольной решетке; $v_{ср}$=0,69 м/с; *б* — на высоте 1,6 м от пола (в рабочей зоне); $v_{ср}$=0,6 м/с; *в* — на высоте 3 м от пола; $v_{ср}$=0,45 м/с; *г* — в плоскости потолка камеры: $v_{ср}$=1,23 м/с. Закрытые участки заштрихованы. Двойной штриховкой показано рабочее место, оборудованное подъемной площадкой

ризационной окраске, а также при окраске ручным гидроэлектрораспылителем (УГЭР-2).

Анализы показали, что в зоне дыхания маляра в первом случае было обнаружено в среднем красочной пыли около 7 мг/м³ и сольвента 130 мг/м³, во втором — соответственно 2,6 и 26 мг/м³. Концентрации красочной пыли в отсасываемом воздухе (по замерам на вытяжных решетках) составляли соответственно 65 и 117 мг/м³.

Следует отметить, что при окраске изделий изнутри и при нарушении порядка работы (уменьшении расстояния между рабочим и окрашиваемой поверхностью до 300—400 мм и окрашивании с пола высоко расположенных участков) концентрации вредных выделений существенно возрастают.

На основании исследований камеры можно прийти к заключению о том, что окрасочные камеры, работающие по схеме «сверху—вниз», можно устраивать без потолка.

Удельный расход вентиляционного воздуха 1600 м³/ч на 1 м² пола камеры является недостаточным, чтобы обеспечить предельно допустимые концентрации на рабочих местах в камере при пульверизационной окраске, и повышенным по сравнению с потребным при окраске методом гидроэлектростатического нанесения.

Неправильные приемы работы маляра резко увеличивают концентрации вредных выделений в зоне его дыхания.

Результаты подобных приведенным многочисленных исследований камер послужили основанием для выбора расчетных скоростей и количеств вентиляционного воздуха, которые приведены в табл. 17 и 18 для различных типов камер, методов окраски и ЛКМ.

Гигиеническая эффективность вентиляции может характеризоваться уровнем концентраций доминирующих (по количеству) растворителей. «Что касается взаимодействия веществ однонаправленного биологического эффекта» — говорит проф. И. В. Саноцкий, — «то общепризнанное правило суммации, возможно, не является адекватным при действии на уровне ПДК» [20].

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВЕНТИЛЯЦИИ КАМЕР С БОКОВЫМ ОТСОСОМ [26]

Наиболее просто локализовать вредные выделения при окраске мелких изделий. Изделия располагают в вытяжном шкафу-камере и окрашивают через проем. Для того чтобы голова маляра во время работы находилась вне укрытия, верхнюю кромку проема следует сдвинуть к задней стенке шкафа (рис. 33). Воздухоприемное отверстие проектируется в глубине шкафа, внизу, что обеспечивает максимальные скорости в нижней зоне, непосредственно у места окраски. При окраске мелких изделий окунанием (вручную) в шкафу, подобном описанному, рекомендуется предусматривать не только место для ванны *1* с краской (рис. 34), но и решетчатую полку *2* под вытяжкой для свежевыкрашенных изделий, с которых стекают излишки краски, а под ней лоток *3* для сбора этой краски.

При окраске мелких изделий распылением в воздухоприемном отверстии (за изделием) предусмотрена решетка 1 (рис. 35), препятствующая растеканию по стенкам шкафа краски, не попавшей на изделие. С целью дополнительного предохранения от выбивания краски из шкафа у кромок рабочего проема устраивают закрылки *2* — отгибы плоскостей стенок внутрь. В шкафу предусмотрен поворотный круг *3*. Корпус камеры представляет собой бескаркасную сварную конструкцию из листовой

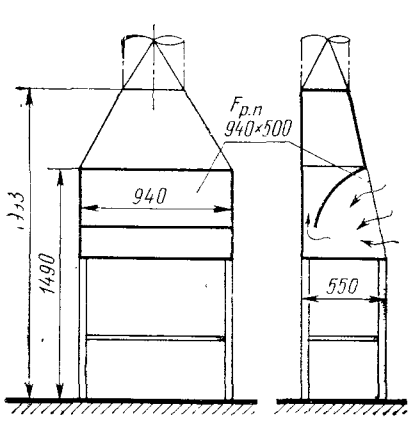


Рис. 33. Шкаф-камера для кистевой окраски мелких изделий ($F_{р.п}$ — площадь рабочего проема)

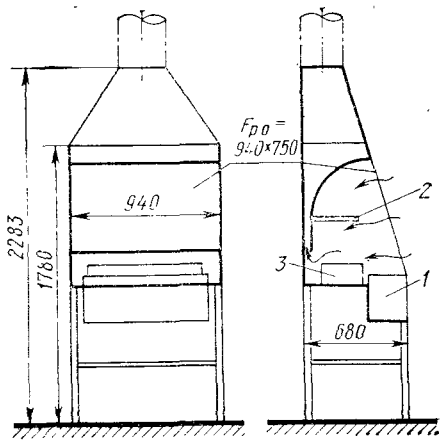


Рис. 34. Шкаф-камера для ручного окунания мелких изделий

стали с гидрофильтром форсуночного типа *4*, расположенным под рабочим столом, с пластинчатым сепаратором *5*. Камера может быть рекомендована для окраски деталей и узлов приборов и мелких изделий, когда расход краски относительно невелик, при предварительном задержании краски на решетке и легко доступной ежесменной очистке форсунок гидрофильтра.

Камеры с боковым отсосом для окраски изделий средней величины могут быть тупиковыми или проходными. Рабочее место предусматривается вне камеры. Габариты и проемы камеры принимают минимально необходимыми. Внутренние поверхности камер должны быть гладкими, с расположением выступающих элементов каркаса снаружи.

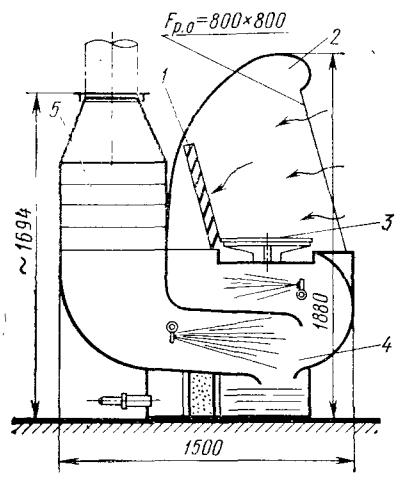


Рис. 35. Шкаф-камера для пневматической окраски мелких изделий (с нижним гидрофильтром)

В тупиковых камерах предусматривается один рабочий проем (он же транспортный), ширина которого определяется габаритами окрашиваемых изделий и зазором между кромками про-

ема и изделием (200 мм), а высота принимается на 600—800 мм больше верхней отметки окрашиваемого изделия.

В проходных камерах предусмотрены один рабочий и два транспортных проема. Ширина рабочего проема принимается не менее 1600 мм, высота — на 400—600 мм больше верхней отметки изделия. Размер транспортных проемов определяется габаритами подвески с изделиями и зазорами по ширине (150 мм) и высоте (100 мм).

При окраске длинномерных изделий рекомендуется применять двустороннюю («валетную») установку камер (рис. 36).

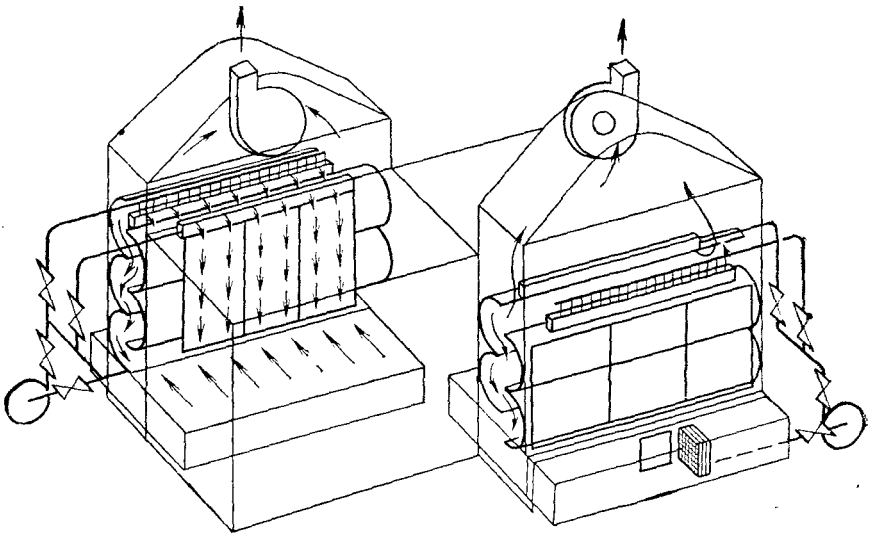


Рис. 36. Двусторонняя (валетная) камера

В камерах с боковым отсосом загрязненный воздух удаляют через воздухоприемное отверстие гидрофильтра, расположенное по всей его длине над отстойной ванной (0,7—0,8 м от пола) против рабочего проема. Высота его определяется в зависимости от скорости, принимаемой 3,5—5,0 м/с.

Количество воздуха, удаляемого из камер (шкафов) с боковым отсосом, определяется по скорости всасывания (v, м/с) воздуха в открытые проемы по формуле

$$L = Fv \cdot 3600 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где F — суммарная площадь рабочих и транспортных проемов; v — средняя скорость воздуха в проемах, принимаемая в зависимости от способа окраски и состава лакокрасочных материалов по табл. 17.

На рис. 37 показана конструкция камеры с боковым отсосом для окраски изделий больших размеров. Камера предназначена

Таблица 17

Расчетные скорости всасывания воздуха в проемах окрасочных камер с боковым отсосом

Метод нанесения	Лакокрасочные материалы	Расчетная скорость, м/с
Пневматическое распыление	Содержащие диизоцианаты, эпоксидные, полиуретановые и акрилатные соединения	1,7
	Содержащие свинцовые соединения или ароматические углеводороды	1,3
	Не содержащие ароматические углеводороды и свинцовые соединения	1,0
Безвоздушное распыление	Содержащие свинцовые соединения или ароматические углеводороды	0,7
	Не содержащие ароматические углеводороды и свинцовые соединения	0,6
Электроручное распыление	Различные	0,4—0,5

для окраски распылением деталей и узлов машин, станков и т. п. изделий. Камеру применяют в окрасочных цехах промышленных предприятий мелкосерийного производства.

Подлежащие окраске изделия подвозят к камере на тележке. Мелкие и легкие изделия окрашивают на поворотном столике, установленном на переносном штативе; более крупные подвешивают на таль, монорельс которой крепится к перекрытию камеры. Вместо тали может быть использован пневмоподъемник или другое приспособление.

Камера состоит из корпуса, гидрофильтра с ванной, насосного агрегата и системы вытяжной вентиляции. Корпус камеры состоит из металлического каркаса и панели ограждения. Каркас изготовлен из гнутых профильных элементов; панели ограждения — из листовой стали. В передней части камера имеет открытый проем, через который производится окраска. Над проемом закреплен монорельс, сбоку установлены люминесцентные светильники во взрывобезопасном исполнении.

Гидрофильтр представляет собой вертикальную шахту *S*-образной конфигурации, изготовленную из листовой стали, вверху которой расположены водопроводная труба с ванной-лотком под ней и отбойные щитки для задержания капельной влаги.

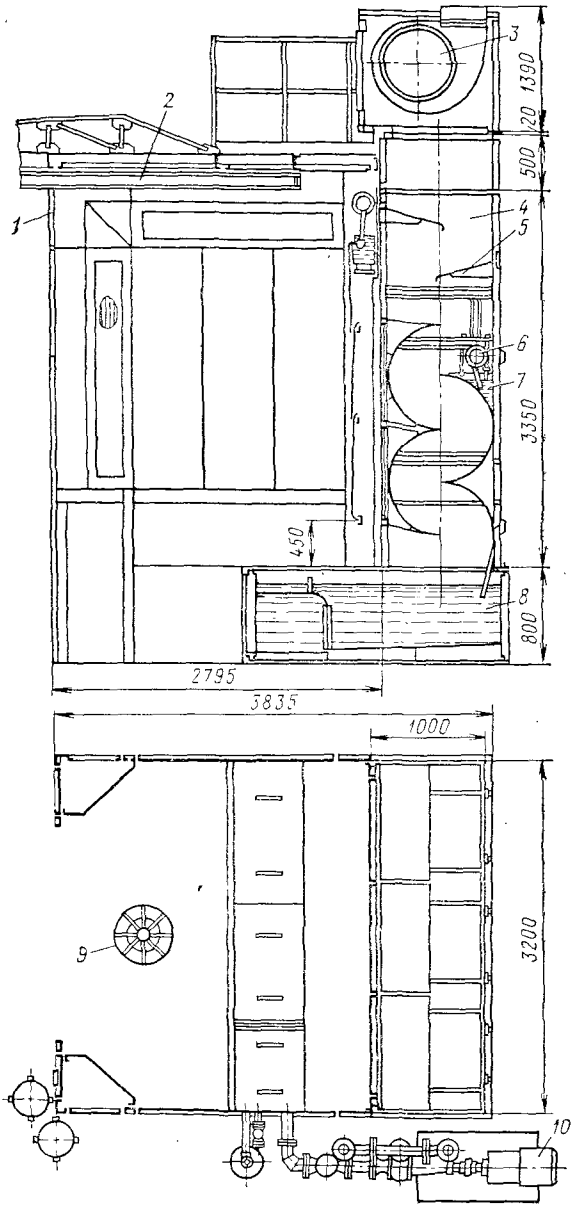


Рис. 37. Камера с боковым отсосом для окраски изделий больших размеров:

1 — корпус камеры; *2* — монорельс; *3* — вентилятор; *4* — гидрофильтр; *5* — щиток отбойный; *6* — труба водоподводящая; *8* — бак отстойный; *9* — круг поворотный; *10* — насос

Для удобства чистки воздухопромывного канала со стороны обслуживания гидрофильтра предусмотрены съемные щитки, а наружная секция полуцилиндра установлена на шарнирах и может поворачиваться на 90°. Со стороны камеры на гидрофильтр навешивается экран, омываемый водой. Он используется для первичной очистки отсасываемого воздуха от красочной пыли. Выпуклая форма экрана способствует образованию сплошной водяной пленки, которая перекрывает всасывающее отверстие гидрофильтра.

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВЕНТИЛЯЦИИ КАМЕР С НИЖНИМ ОТСОСОМ [26]

Окраска в камерах больших неподвижных изделий может быть рекомендована, если они имеют длину, не превышающую длину автобуса ЗИЛ (10,5 м). При бо́льших размерах изделий необходимо предусматривать передвижение их или передвижение вентиляционных установок, обслуживающих участок, окрашиваемый в данный момент, а также применение автоматизированных окрасочных установок.

Внутренние размеры камер с нижним отсосом воздуха определяются габаритами изделия в плане и проходом вокруг него шириной не менее 1,2 м при неподвижном изделии. При конвейерном перемещении изделий во время окраски длина камеры определяется количеством рабочих мест из расчета 3 м на одно рабочее место. Высота камеры определяется расстоянием от изделия до потолка (1,0—1,5 м), высотой изделия и расстоянием от изделия до пола (не менее 0,4 м).

При окраске изделий в неподвижном положении в камерах с нижним отсосом транспортные проемы должны быть закрыты. При непрерывном конвейере и невозможности устройства в камере ворот у проемов рекомендуется предусматривать тамбуры длиной, равной не менее половины высоты проема.

Отсос воздуха из камеры осуществляется по центру камеры, под изделием. Производственные камеры можно оборудовать решетками по всей площади пола с основным отсосом по центру. На рис. 38 видно, что участки решетки, приближенные к стенкам, перекрыты направляющими плоскостями-экранами, по которым подается вода, смывающая красочную пыль и удаляющая ее в отстойники, что снижает загрязненность пола камеры и обеспечивает отсос воздуха в основном через центральную часть решетки.

В камерах с меньшей интенсивностью окраски воздухоприемное отверстие может располагаться под изделием, не выходя за его габариты. Это позволяет удалять загрязненный воздух более компактной струей, концентрированной у окрашиваемой поверхности, уменьшает размеры подпольного канала. Изделие устанавливают на некоторой высоте от решетки для обеспече-

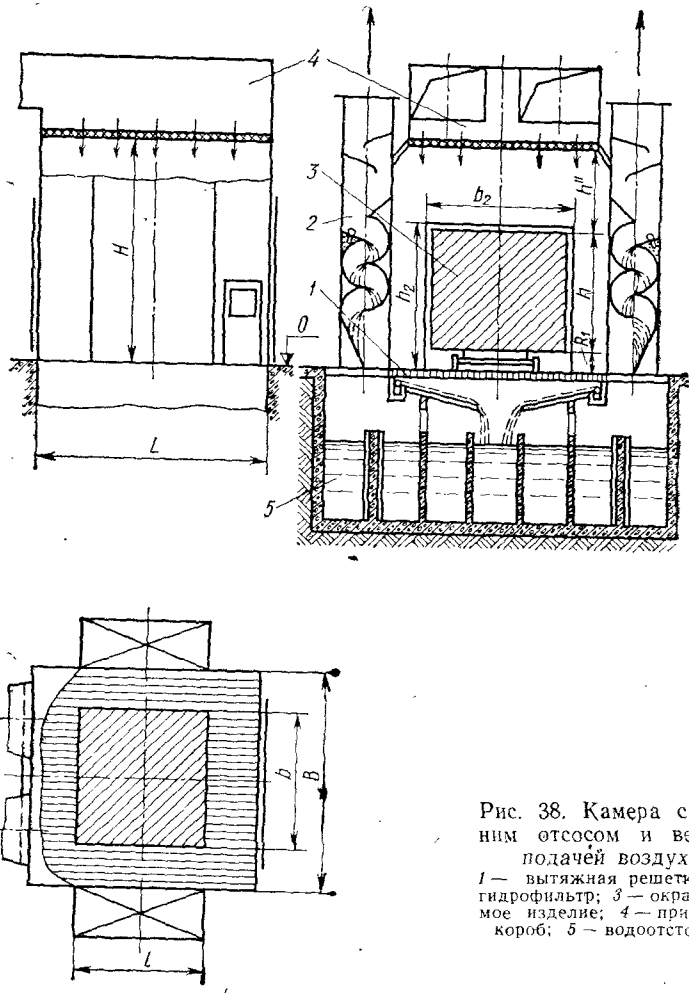


Рис. 38. Камера с нижним отсосом и верхней подачей воздуха:
1 — вытяжная решетка; *2* — гидрофильтр; *3* — окрашиваемое изделие; *4* — приточный короб; *5* — водоотстойник

ния свободного подтекания к ней воздуха со скоростью не более скорости движения воздуха в габаритном сечении решетки (2—4 м/с).

Количество вентиляционного воздуха ($м^3/ч$) для камер с нижним отсосом определяется по формуле

$$L = \bar{L}F,$$

где $\bar{L}$ — удельный расход воздуха на 1 $м^2$ площади пола камеры ($м^3/ч$), принимаемый в зависимости от способа нанесения и состава лакокрасочных материалов по экспериментальным данным в соответствии с табл. 18; F — площадь камеры, $м^2$.

Таблица 18

Расчетное количество воздуха* на 1 м² площади пола камеры с нижним отсосом

Метод нанесения	Лакокрасочные материалы	Расчетные объемы воздуха, м³/ч
Пневматический	Не содержащие свинец и ароматические углеводороды	1800
	Содержащие свинец и ароматические углеводороды	2200
Безвоздушный	Не содержащие свинец и ароматические углеводороды	1200
	Содержащие свинец и ароматические углеводороды	1500

* Расчетное количество воздуха иногда относят к горизонтальной проекции изделия с рабочим коридором вокруг не менее 1,2 м, что дает практически одинаковые результаты.

Примечания: 1. При использовании для распыления краскораспылителя ЗИЛ количество вентиляционного воздуха увеличивается приблизительно в 1,5 раза.

2. Для автотранспортных предприятий с парком 1000 автомобилей и менее допускается принимать уменьшенное количество вентиляционного воздуха с коэффициентом не ниже 0,65.

Оптимальной скоростью движения воздуха в живом (горизонтальном) сечении камеры следует считать 0,5—0,8 м/с.

Приточный воздух в объеме 90% вытяжного, очищенный от пыли и подогретый в холодное время года до 20—22° С, должен подаваться равномерно по всей площади потолка камеры. При конвейерной окраске и наличии тамбуров у входного и выходного проемов в них подается приточный воздух в количестве, необходимом для полной компенсации удаляемого воздуха (всего 10%).

Для создания в камерах с нижним отсосом благоприятных условий труда необходимо обеспечить прямоточное равномерное движение воздуха сверху вниз без возвратных потоков и циркуляционных зон.

Воздух должен поступать в камеру по всей площади потолка, проходя через слой фильтрующего материала, обеспечивающего его равномерное распределение и служащего одновременно последней ступенью очистки.

Для этого окрасочную камеру оборудуют специальным приточным коробом (подшивным потолком), нижняя поверхность которого служит потолком камеры. Короб рекомендуется выполнять высотой не менее 1,5 м.

Подвод воздуха к приточному коробу может быть горизонтальным или вертикальным. Более рационален горизонтальный подвод. Рекомендуемые схемы подвода (в четырех вариантах) показаны на рис. 39.

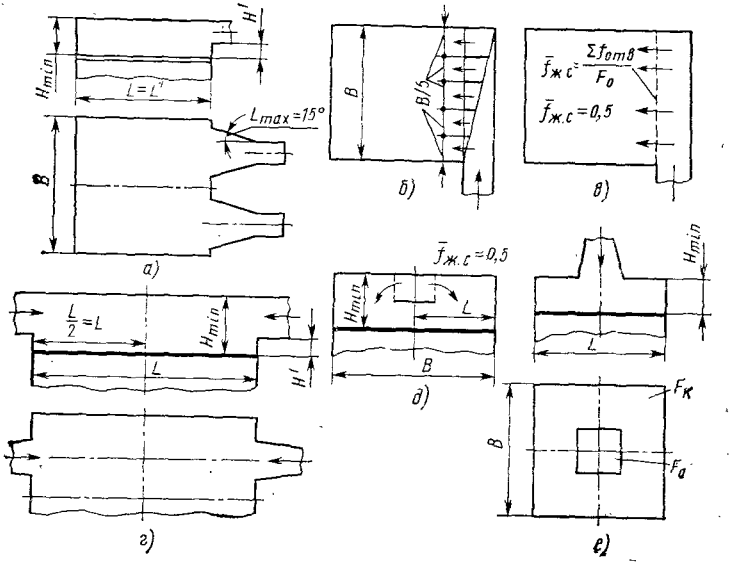


Рис. 39. Рекомендуемые схемы подвода воздуха:

а—д — горизонтальная подача: (*а* — через диффузоры; *б* — воздуховодами с перфорированной стенкой; *г* — двусторонняя диффузорная подача; *д* — внутренними перфорированными воздуховодами); *е* — вертикальная диффузорная подача

При большой длине камер подвод воздуха следует осуществлять с двух сторон.

При горизонтальном подводе воздуха к приточному коробу рекомендуется принимать $\Sigma F_0 \geqslant \frac{F_к}{15}$. Оптимальное расстояние от нижнего края воздуховода до фильтрующего слоя H', обеспечивающее наиболее полное растекание приточного воздуха, составляет 0,1—0,15 L^1. Уменьшение H^1 до нуля или увеличение до 0,3 L' ухудшает условия растекания, и поэтому нежелательно. Более значительное увеличение $H' > 0{,}3L'$ всегда будет улучшать условия растекания потока.

При вертикальном подводе воздуха к приточному коробу рекомендуется принимать $\Sigma F_0 \geqslant \frac{F_к}{10}$, а высоту приточного короба — не менее 0,7 D_0, где D_0 — эквивалентный диаметр воздуховода, определяемый по формуле $D_0 = \frac{2ab}{a+b}$ (a и b — размеры воздуховода).

Скоростное поле воздушного потока в подводящем воздуховоде должно быть равномерным. Для этого следует избегать резких поворотов воздуховодов перед приточным коробом или устанавливать направляющие лопатки. Основные технические данные воздухораспределительных устройств для наиболее распространенных камер с нижним отсосом приведены в табл. 19.

Таблица 19

Основные технические данные воздухораспределительных устройств

Величина и технические данные	Номер камеры				
	1	2	3	4	5
Внутренние размеры камеры:					
длина l, м	5,4	5,4	6,4	6,4	7,4
ширина B, м	3,4	4,4	4,4	5,4	5,4
площадь $F_к$, м²	18,36	23,76	28,16	34,56	39,96
Необходимое количество приточного воздуха, м³/ч	36 000	46 800	55 800	68 400	79 200
Минимальная высота приточного короба H_{min}, м	1,5	1,5	1,5	1,5	1,7
Минимальная площадь подводящих воздуховодов, м²:					
$\Sigma F_{0\ гор}$	1,22	1,58	1,87	2,3	2,66
$\Sigma F_{0\ верт}$	1,84	2,38	2,82	3,46	4,0
Число кассет (0,52×0,52):					
по длине	10	10	12	12	14
по ширине	6	8	8	10	10
всего	60	80	96	120	140

Продолжение табл. 19

Величина и технические данные	Номер камеры				
	6	7	8	9	10
Внутренние размеры камеры:					
длина l, м	8,4	10,4	8,4	10,4	12,4
ширина B, м	5,4	5,4	5,9	5,9	5,9
площадь $F_к$, м²	45,36	56,16	49,56	61,36	73,16
Необходимое количество приточного воздуха, м³/ч	90 000	111 600	98 000	121 500	144 900
Минимальная высота приточного короба H_{min}, м	1,85	2,0	1,85	2,0	2,0
Минимальная площадь подводящих воздуховодов, м²:					
$\Sigma F_{0\ гор}$	3,02	3,74	3,3	4,1	4,88
$\Sigma F_{0\ верт}$	4,54	5,62	4,96	6,14	7,32
Число кассет (0,52×0,52):					
по длине	15	19	15	19	23
по ширине	10	10	11	11	11
всего	150	190	165	209	253

В качестве распределительного слоя рекомендуется использовать фильтрующий материал толщиной не менее 20 мм, имеющий коэффициент сопротивления от 200 до 250 и создающий гидравлическое сопротивление 5—6 кг/м² при удельном расходе воздуха 2000 м³/ч на 1 м². Материал должен быть легким, негорючим, дешевым и устойчивым к действию воздушных нагрузок.

Этим требованиям удовлетворяют:

1. филвозон синтетический объемный нетканный, содержащий 70% лавсана 1700 и 30% медно-аммиачного волокна (филвозон разработан лабораторией нетканых материалов ЦНИИШерсти, Москва);

2. рулонный фильтрующий материал из стекловолокна (изготовляется Ивотским стекольным заводом Дядьковского района, Брянской области).

При применении краскораспылителей ЗИЛ и при повышенных объемах вентиляционного воздуха допускается использовать сетчатые ячейковые фильтры ФЯР, ФЯП и т. п.

Фильтрующий материал следует закладывать в специальные кассеты между двумя синтетическими или металлическими сетками; габаритный размер кассет рекомендуется принимать стандартным — 520×520 мм.

Описанные условия окраски изделий в камерах с нижним отсосом и приведенные требования к определению воздухообмена в них относятся в основном к условиям промышленного производства. Однако существуют мелкие предприятия с производством единичных изделий, на которых условия окраски существенно отличаются. Это, например, относительно небольшие авторемонтные и автотранспортные предприятия (с парком 1000 автомобилей и менее) — АРЗы, станции технического обслуживания, гаражи и т. п.

В соответствии с руководящими материалами проектирования технологической части малярных участков, а также на основании проведенного институтом обследования ряда предприятий технического обслуживания автомобилей (станция технического обслуживания № 10 Мосгорисполкома, таксомоторный парк № 1 и № 10, автобаза № 1 Моссовета для грузовых машин и др.) установлено, что на таких предприятиях в смену окрашивается не более двух машин. Практически нанесение одного слоя покрытия на одну легковую машину (например, покрытие наружной поверхности автомобиля «Волга», которая равна 2,6 м²) проводится в течение 1 ч. При этом лакокрасочного материала расходуется 2,6 кг из расчета 100 г на 1 м². В условиях поточного производства среднечасовой расход лакокрасочного материала составляет не менее 10 кг, т. е. в 4 раза больше.

Принимая во внимание малую интенсивность окраски и то, что маляр из 8 ч работы собственно на окраску затрачивает лишь 2 ч, т. е. 25% своего времени (остальное время тратится

на подготовительные операции), считаем возможным для указанных условий принимать уменьшенные против приведенного в табл. 18 количества вентиляционного воздуха. Коэффициент уменьшения этих объемов для камер с нижним отсосом, которые, как правило, и применяются на рассматриваемых предприятиях, должен составлять 0,65.

Определим, каковы при этом будут средние концентрации паров растворителей в уходящем воздухе (например, для камеры размером в плане 7,4×5,4 м при $L = 0{,}65 \times 80\,000 = 52\,000$ м³/ч) для наиболее вредных лакокрасочных материалов — синтетической эмали МЛ-12 (которая содержит в готовом для нанесения виде 55% летучих: 40% ксилола и 15% бутилового спирта). Расчетные концентрации составят:
по ксилолу

$$\frac{2600 \times 0{,}55 \times 0{,}4 \times 1000}{52\,000} = 11{,}0 \text{ мг/м}^3;$$

по бутиловому спирту

$$\frac{2600 \times 0{,}55 \times 0{,}15 \times 1000}{52\,000} = 4{,}1 \text{ мг/м}^3.$$

Расчетные концентрации ниже ПДК соответственно в 4 и 2,5 раза. Так как исследования института показывают, что концентрации в удаляемом воздухе выше концентраций в рабочей зоне, можно считать, что рекомендуемая вентиляция будет вполне эффективной.

Специальные исследования ВЦНИИОТ, проведенные на окрасочных камерах автобаз, также показали, что удовлетворительные условия труда обеспечиваются при окраске в описанных специфических условиях (для камер с нижним отсосом), если количество удаляемого воздуха составляет 1000—1400 м³/ч на 1 м² площади пола камеры [28]. На рис. 40 показана камера для окраски легковых и грузовых автомобилей, примененная на одной из московских автобаз.

Обзор зарубежной литературы по вопросам вентиляции при окраске в камерах, выполненный ВЦНИИОТ в 1974 г., позволяет сделать следующие выводы: если изделия можно окрашивать с постоянной рабочей площадки, то загрязненный воздух удаляют из-за изделия, у пола. При необходимости окраски тяжелого изделия со всех сторон следует предусматривать нижнюю вытяжку и равномерный приток воздуха по всему потолку. Количество вентиляционного воздуха определяется по скоростям воздуха в открытых проемах или сечении камер. Рекомендуемая величина этих скоростей находится в зависимости от интенсивности окраски и размеров камер и лежит в пределах от 0,4 до 1 м/с.

По поводу устройства вентиляции камер с вертикальным движением воздуха в сообщениях представителя фирмы Дюрр

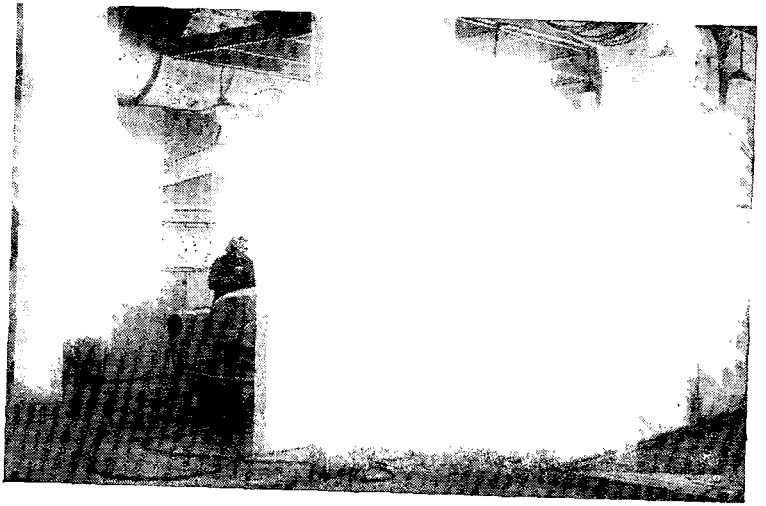


Рис. 40. Окрасочная камера одной из московских автобаз

говорится, что назначение притока воздуха — создать благоприятные условия труда для человека и обеспечить обеспыленный воздух заданных параметров для высококачественной окраски (расходы воздуха составляют приблизительно 10 000 м³/ч на 1 пог. м камеры). Обычно проектируют три ступени очистки приточного воздуха: 1) предварительную очистку на ленточных самоочищающихся рулонных фильтрах; 2) тонкую очистку на матерчатых фильтрах; 3) тонкую очистку на рулонных волокнистых фильтрах («матах»), заложенных в потолке камеры (на нижней стенке воздухораспределительного канала). Основной задачей этих фильтров является обеспечение равномерной подачи воздуха по всей площади потолка. Срок службы таких фильтров приблизительно 12 месяцев. «Фильтроматы» позволяют осуществить их быструю замену. Приточный воздух часто подогревается непосредственно поверхностными горелками, что дешево и удобно.

Для эффективного удаления тумана краски вертикальный поток воздуха в камере должен иметь скорость 0,4—0,6 м/с. Следует особо заботиться об отсутствии причин завихрения воздуха в камере (гладкие поверхности стен и т. д.). Стенки лучше остеклять.

Очистку напольных решеток необходимо производить каждые 5 дней.

В проспекте на окрасочные установки марки SF для автомобильной промышленности акционерного общества «Svenska Fläktfabriken» (Швеция, 1970) также фиксируется внимание на том, что перетекание воздуха через камеру сверху вниз долж-

но происходить без завихрений, что обеспечивается подачей воздуха через фильтры, покрывающие всю площадь потолка камеры, и удалением его через решетки в полу. Воздух, забираемый с улицы, проходит первичную очистку, подогрев и, если нужно, увлажнение. Затем он нагнетается в емкость над вторичным воздухоочистителем и подается как непосредственно в распылительную камеру, так и во входной и выходной тамбуры. Расход воздуха, подаваемого в тамбуры, определяется исходя из создания скорости выхода воздуха через проемы тамбуров наружу в цех 0,5 м/с.

Глава 6. ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ ОКРАСКЕ НА НАПОЛЬНЫХ РЕШЕТКАХ (БЕСКАМЕРНАЯ ОКРАСКА)

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЗДУХООБМЕНА

В промышленности нередко возникает необходимость окраски крупных изделий мелкосерийного выпуска, для которых поточность производства неприемлема, например в производстве крупных уникальных станков, каждый из которых весит более 10 т. Такие станки окрашиваются и транспортируются на заводы-потребители в узлах. Отдельные узлы станков — портал, станина и др. — представляют собой крупные изделия массой 2—10 т с размером в плане от 1×1 м до 1×10 м. Высота узлов при окраске невелика, так как их окрашивают в положении лежа.

Предусматривать камеры для окраски таких разнообразных по размеру и конфигурации изделий не представляется возможным. Камеры можно использовать только для окраски относительно однотипных изделий, позволяющих предусмотреть определенную организацию рабочего места, так как габариты камеры, ее транспортные проемы, размер и расположение воздухоприемных отверстий рассчитывают исходя из размеров и конфигурации изделий и стабильной организации технологического процесса.

С целью изучения условий труда при непоточном производстве и выявления наиболее рациональной схемы организации воздухообмена ВЦНИИОТом были проведены исследования на участках окраски четырех станкозаводов. Из-за громоздкости, большой массы и трудностей транспортировки изделий окраску их в узлах или в собранном виде осуществляли непосредственно в сборочных цехах. Окрашиваемые изделия имели высоту 0,7—3 м, а длину до 10 м. Окраску наружных поверхностей производили пневматическим распылителем КР-10 со стаканчиком для краски. Окраска серой нитроэмалью № 924 осуществлялась с пола или выступающих частей станка.

Внутренние поверхности окрашивались кистями красной эмалью НКО-21. Так как нитроэмали являются быстросохнущими составами, изделия высыхали в помещении непосредственно на местах окраски.

Как правило, один маляр выполнял последовательно все операции по подготовке и окраске станка: промывку (обезжиривание), шпатлевку и окраску. На окраску станка затрачивалось не более 30% всего рабочего времени.

Организованного вентилирования сборочных цехов и их малярных участков на обследованных заводах не было. Отапливались помещения ребристыми трубами и отопительно-воздушными агрегатами. При исследованиях определяли общий характер циркуляции воздуха, его скорость и температуру; степень загрязнения воздушной среды вредными выделениями — парами доминирующего растворителя (которым в период исследования был бензол), красочной пылью и свинцом.

Чтобы составить представление о характере распространения вредных выделений по всему объему помещения, пробы воздуха отбирались не только в зоне дыхания маляра на его рабочем месте, но и на различных высоте от пола и расстоянии от рабочего места по линии преимущественного распространения воздушных потоков.

Измерениями было установлено [11], что температура воздуха на участках окраски составляла 17—23° С при относительной влажности 65—70%. Несмотря на отсутствие механической вентиляции, а также естественного организованного проветривания, отмечалась циркуляция воздуха в помещении при движении его вдоль пола со средней скоростью 0,2—0,3 м/с. Обобщенные данные результатов химических анализов воздушной

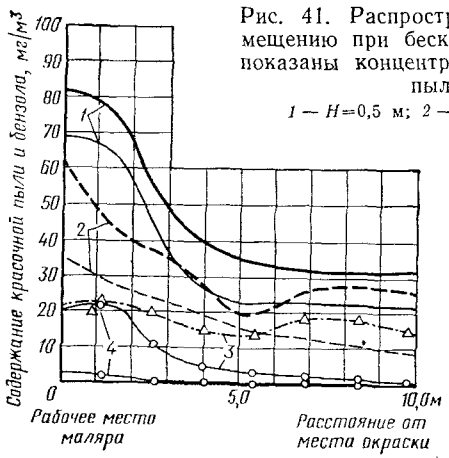


Рис. 41. Распространение вредных выделений по помещению при бескамерной окраске (жирными линиями показаны концентрации бензола, тонкими — красочной пыли на высоте от пола):
1 — H=0,5 м; 2 — H=1,5 м; 3 — H=3,0 м; 4 — H=5,0 м.

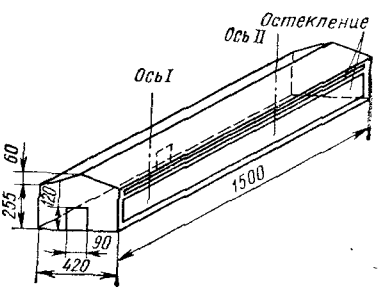


Рис. 42. Модель малярного цеха

среды по четырем заводам приведены на рис. 41. Из рисунка видно, что максимальные концентрации вредных веществ были обнаружены у пола на рабочем месте маляра. Нарастание кон-

центраций по мере приближения к полу особо выражено для для красочной пыли (а следовательно, и свинца). Так, на высоте 0,5 м от пола концентрации красочной пыли составляли в среднем 70 мг/м³ и были вдвое больше, чем на уровне зоны дыхания (1,5 м от пола) и в 46 раз больше, чем на высоте 5 м. Концентрации паров растворителей были больше соответственно в 1,5 и в 8 раз.

По абсолютному значению концентрации красочной пыли в зоне дыхания маляра в 7 раз превышали ПДК, а по бензолу в 30 раз. Дальнейшие исследования показали, что при применении в качестве растворителей ксилола и толуола на рабочем месте маляра при ручной пульверизационной окраске изделий и отсутствии вентиляции концентрации упомянутых паров растворителей в среднем составляют 500 мг/м³, что в 10 раз превышает ПДК.

Образующиеся на месте окраски вредные выделения, даже при относительно спокойном воздухе, распространяются на довольно большое расстояние. Так, на расстоянии 10 м концентрации вредных выделений на одинаковых уровнях составляли приблизительно 25—30% от начальных. Таким образом, было установлено, что наибольшие концентрации вредных выделений в зонах, одинаково удаленных от места окраски, обнаружены внизу, у пола. Визуальные наблюдения показали, что при окраске изделий, установленных на полу, красочный туман не поднимается выше 3 м.

Тенденция к повышению концентраций вредных выделений по мере приближения к полу в описанных цехах закономерна. Предпосылкой для этого является отсутствие нагретых поверхностей и связанных с ними конвективных потоков, вызывающих перемещение воздуха снизу вверх; стремление более крупных частиц аэрозоля падать вниз под влиянием силы тяжести; испарение летучих веществ как с поверхности окрашенных изделий, так и из капелек аэрозоля, сопровождающееся поглощением тепла из воздуха и понижением его температуры в зоне окраски (т. е. в нижней зоне), что обусловливает возникновение здесь ниспадающих потоков воздуха, и, наконец, то обстоятельство, что пары растворителей тяжелее воздуха.

Вывод, который был сделан на основании анализа характера распределения концентраций, состоял в том, что отсасывать воздух следует непосредственно с мест окраски из нижней зоны.

Для качественного сопоставления различных схем вентиляции в лаборатории ВЦНИИОТ была построена геометрически подобная модель здания малярного отделения цеха уникальных станков Коломенского завода тяжелого станкостроения (рис. 42).

Здание в натуре представляет собой вытянутую коробку длиной 100 м, шириной 21 м и высотой 13 м (рис. 43) с глухим перекрытием и воротами в торцовой и продольной стенах. Од-

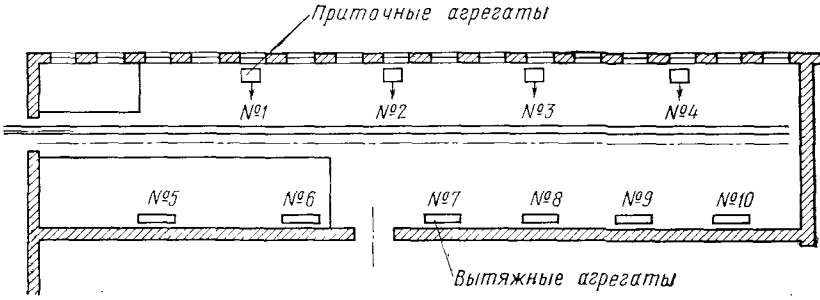


Рис. 43. План малярного отделения цеха уникальных станков

на продольная стена примыкает к сборочному цеху, другая, наружная, имеет двухъярусное остекление.

Для загрязнения воздуха был использован растворитель № 646 (применяющийся на станкозаводах), в котором доминирующим являлся бензол. Растворитель заливался в ванночки, устанавливаемые на полу модели.

В модели было установлено пять ванночек. Общую поверхность зеркала испарения растворителя и расположение ванночек в плане принимали в соответствии с примерным расположением и размерами в натуре свежеокрашенных изделий.

Воздухообмен в модели осуществлялся за счет принудительного отсоса воздуха по схемам *1* и *2* (рис. 44 и 45).

При экспериментах в модели измеряли концентрации бензола при постоянном воздухообмене (создаваемом вентилятором) и различных схемах вентиляции.

Воздухообмен в модели создавался такой, который позволял наиболее четко выявить распределение относительных концентраций бензола при различных способах организации воздухообмена.

Отбор проб воздуха на бензол проводили скоростным методом с помощью индикаторных трубок по двум вертикальным осям *I* и *II*, расположенным посредине модели (см. рис. 44).

По каждой оси пробы отбирались в четырех—пяти точках: у пола, в зоне дыхания (в модели на 30 мм от пола), под потолком и в двух точках в промежутке между зоной дыхания и потолком. Кроме того, определяли концентрации в уходящем из модели воздухе. В каждой точке брали по две пробы; таким образом, по одной оси брали одновременно 8—10 проб, а всего в модели за один эксперимент было отобрано 20 проб.

На рис. 44 и 45 показаны результаты исследований в виде зарисовок циркуляции потоков воздуха и графиков распределения концентраций бензола для вентиляции, выполненной по схеме 1 (вытяжка снизу из зоны расположения ванночек — зоны окраски — через отверстие в полу, приток — рассеянный в

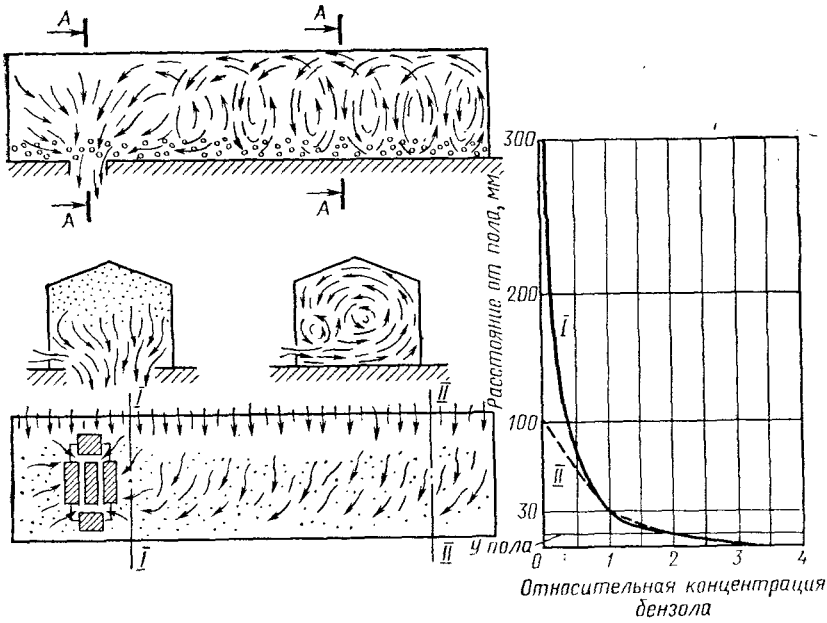


Рис. 44. Циркуляция потоков и график распределения концентраций бензола по высоте при вентиляции по схеме *1* (заштрихованными прямоугольниками показаны ванночки с бензолом)

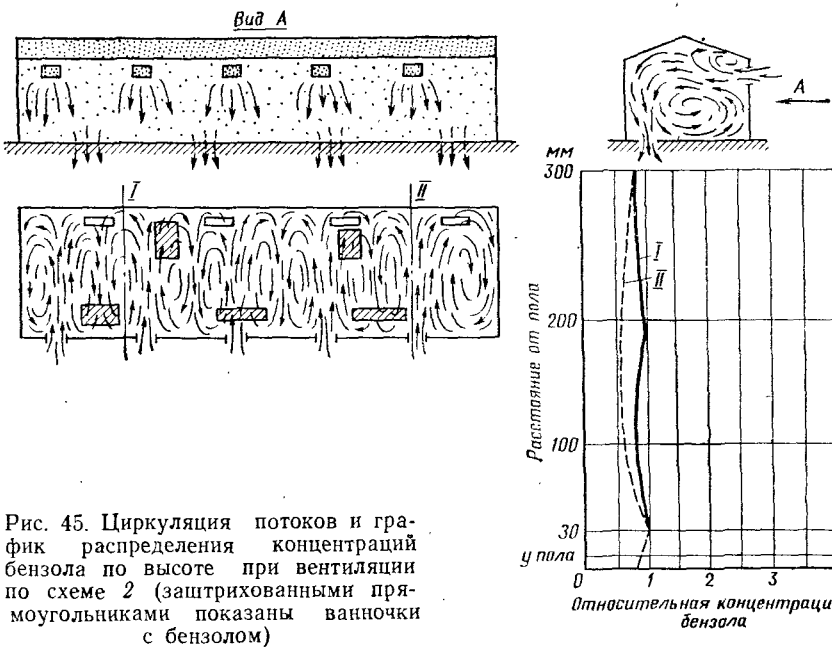


Рис. 45. Циркуляция потоков и график распределения концентраций бензола по высоте при вентиляции по схеме *2* (заштрихованными прямоугольниками показаны ванночки с бензолом)

рабочую зону) и по схеме *2* (вытяжка через четыре отверстия, расположенные в полу по длине цеха; приток — через пять отверстий на продольной стене под потолком).

На рис. 44, 45 циркуляция воздуха показана в продольном и поперечном разрезах модели, а также в плане на уровне рабочей зоны. Графики справа показывают характер распределения концентраций бензола по высоте. При этом концентрации в зоне дыхания приняты за единицу, а концентрации в каждой точке отнесены к ней.

Такой способ обработки материала позволяет наиболее правильно произвести сравнительную оценку различных вариантов организации воздухообмена. Наилучшим можно считать тот, при котором концентрации в рабочей зоне наименьшие, а в отсасываемом воздухе — наибольшие.

Сопоставляя полученные кривые, приходим к следующим выводам: при рассеянной вытяжке, не приближенной к источникам вредностей, и сосредоточенной подаче (схема *2*) воздух во всем помещении интенсивно перемешивается, вследствие чего концентрации в верхней и нижней зонах помещения становятся одинаковыми. При таком распределении при нижней (а также и при верхней) вытяжке концентрации в удаляемом воздухе практически не будут отличаться от средних концентраций в помещении (см. рис. 45).

Иное положение создается при организации воздухообмена по схеме *1*, где вытяжка сосредоточена на местах окраски (воздух удаляется через решетки в полу помещения), а подача воздуха производится рассредоточено в рабочую зону (подобный же эффект был получен и при сосредоточенной подаче воздуха на участках, отдаленных от источников вредностей).

Концентрация бензола в отсасываемом воздухе при схеме 1 в 4—5 раз превышают концентрации в зоне дыхания. Пары бензола при этом почти совершенно не вовлекаются в общую циркуляцию воздуха в помещении, и поэтому воздух во всем помещении мало загрязняется.

На основе исследований характера распределения вредных выделений в производственных условиях и результатов сопоставления эффективности вентиляции на моделях было рекомендовано устройство вентиляции малярных участков при бескамерной окраске: вытяжка — через решетки в полу на местах окраски и рассеянный приток в рабочую или верхнюю зону.

Институтом было проведено также санитарно-техническое испытание вентиляционных систем, выполненных по схеме 1 (с вытяжкой из зоны окраски через решетки в полу и подачей воздуха рассеянно в верхнюю зону) и по схеме 2 (с подачей воздуха большими массами на высоте 5—6 м и рассеянной вытяжкой у пола с противоположной притоку стороны).

Таким образом, было проведено сравнение двух схем вентиляции не только на основании данных, полученных в результа-

те моделирования, но и по результатам испытаний в натуре. Следует заметить, что схемы в натуре незначительно отличались от воспроизведенных на моделях (например, приток в модели подавался в схеме 1 в рабочую зону, а в натуре — выше рабочей зоны), однако эти различия не сказывались на принципиальных особенностях организации воздухообмена.

Исследования показали, что эффективность вентиляции, выполненной по схеме 1, значительно выше эффективности вентиляции, выполненной по схеме 2.

Так, по схеме 1 в зоне дыхания маляра было обнаружено толуола 45 мг/м³, т. е. на уровне ПДК. В отсасываемом же воздухе его концентрация составляла в среднем 260 мг/м³, следовательно, была в 5 раз больше. По красочной пыли разница еще более значительная.

При вентиляции по схеме 2 были получены следующие данные. На рабочем месте было обнаружено толуола 220 мг/м³, красочной пыли 8,5 мг/м³, в воздухоприемном отверстии соответственно 120 и 2,9 мг/м³, т. е. отсасываемый воздух был приблизительно в 2 раза менее загрязнен, чем воздух на рабочем месте.

На основании исследований можно сделать вывод, что данные, полученные в натуре, полностью согласуются с данными лабораторных исследований на моделях.

Результаты этой части работы позволили рекомендовать при бескамерной окраске устраивать вентиляцию по схеме 1 с нижней вытяжкой, приближенной к местам окраски (через решетки в полу), и подачей, удаленной от места окраски, хотя устройство вентиляции по схеме 2 значительно проще.

Впервые установки бескамерной окраски с напольными решетками большой площади были применены (по предложению ВЦНИИОТ) на Московском заводе координатно-расточных станков (ЗКРС).

Помещение площадью 15×17 м при высоте 11 м было оборудовано двумя решетками 9,5×4,5 м и 10,5×4,5 (рис. 46). Воздух, отсасываемый через решетки, поступал в подпольные каналы (в первой вытяжной системе их 8, во второй 9) и затем в общие сборные каналы. Приточный воздух подавался в верхнюю зону двумя воздуховодами с окнами в боковых стенках, оборудованных выравнивающими лопатками. Воздух, проходя водяную промывку, отсасывался двумя осевыми вентиляторами $d=1020$ мм специального изготовления. Удельный расход воздуха на 1 м² габаритной площади решеток составлял около 750 м³/ч на 1 м² [31]. Испытание опытных установок позволило выявить их дефекты: недостаточность удельных объемов отсасываемого воздуха и большую неравномерность его распределения по площади решеток.

Санитарно-гигиенические исследования, проведенные на том же заводе на экспериментальном участке, выделенном на

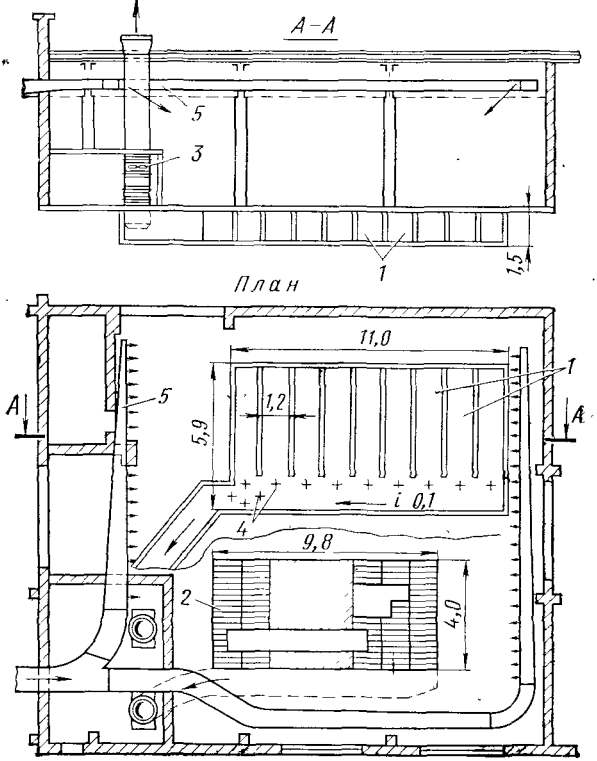


Рис. 46. Отделение окраски завода координатно-расточных станков:

1 — подпольные каналы; *2* — вытяжные (напольные) решетки; *3* — осевой вентилятор; *4* — форсунки для подачи воды; *5* — приточные воздуховоды

рис. 46 штриховкой, показали, что при удельных расходах отсасываемого воздуха на 1 м² габаритной площади напольной решетки, равных 1800 м³/ч концентрации вредных выделений, были близки к предельно-допустимым [11].

2. ПОДПОЛЬНЫЕ КАНАЛЫ

Вопрос о конструктивном оформлении и расчете вытяжных решеток и каналов является важным в связи с тем, что при бескамерной окраске вытяжными решетками оборудуются участки значительной площади, и поэтому возникают затруднения в достижении равномерности отсоса воздуха по всей площади вентилируемых участков.

В установке малярного цеха ЗКРС вытяжные каналы были приняты проходными, большого сечения, все одинакового размера (см. рис. 46). Средние проектные скорости в каналах под решетками составляли около 0,3 м/с, а в сборном канале максимальная скорость была 4 м/с. Живое сечение решеток составляло около 50%.

Результаты технического испытания установок показали, что неравномерность отсоса воздуха как по отдельным каналам, так и на решетках по длине каждого канала оказалась чрезвычайно большой. Основная масса воздуха отсасывалась через часть решетки, примыкающую к сборному воздуховоду в каналах, расположенных ближе к вентилятору. Скорости на решетках этих каналов были относительно высокими. Скорости же на решетках крайних каналов (начиная с четвертого канала) приборами обнаружить не удалось (табл. 20).

Таблица 20

Скорости на напольных решетках до регулировки

Измеряемый показатель	Номера каналов (считая от вентилятора)					
	1	2	3	4	5	6
Первая решетка						
Скорость воздуха на решетке, м/с:						
начало канала	1,20	1,00	0,80	—	—	—
середина канала	0,60	0,35	0,24	—	—	—
конец канала	0,20	0,15	0,10	—	—	—
Количество воздуха в устье канала, м³/ч	7790	7280	5840	4130	1220	480
Вторая решетка						
Скорость воздуха на решетке, м/с:						
начало канала	3,20	1,30	0,50	0,30	—	—
середина канала	1,00	0,80	0,30	0,10	—	—
конец канала	0,40	0,35	0,18	—	—	—
Количество воздуха в устье канала, м³/ч	16 500	8250	4370	1800	1170	—

Примечание. Прочерки против каналов 4,5 и 6 означают, что скорости в означенных точках были меньше 0,1 м/с, так же как и в каналах 7,8 и 9, не приведенных в таблице.

Чтобы облегчить и упростить процесс регулирования для достижения более равномерного отсоса по каналам в лаборатории ВЦНИИОТа были построены (в масштабе 1 : 10) и исследованы модели каналов, геометрически подобных описанным.

На них была проведена предварительная регулировка, позволившая получить данные для положения шиберов и площади открытия решеток по поясам в натуре в описанных установках.

На рис. 47 показана схема исследованных решеток. При исследованиях на модели вытяжные решетки были разделены на три пояса: *I* — примыкающий к магистральному каналу (в табл. 20, 21 и 23 — начало канала), *II* — средний, *III* — крайний (наиболее удаленный от вентиляторов конец канала). Для того чтобы выравнять объемы воздуха, отсасываемого отдельными каналами, ближайшие к вентилятору каналы прикрывались шиберами, расположенными в местах присоединения их к сборным каналам.

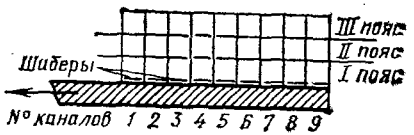


Рис. 47. Схема модели исследованных решеток

Первоначальное положение шиберов принималось по рекомендации В. В. Батурина [2] и затем методом последовательных проверок и изменений положения шиберов определялся наиболее приемлемый режим.

После того как количество воздуха, проходящего по каналам, было уравнено (не считая двух последних каналов, увеличение вытяжки из которых вызвало бы значительное сокращение количества воздуха в первых каналах, что являлось нежелательным), уравнивалось количество отсасываемого воздуха по трем поясам вдоль каждого канала. Полученные на моделях в лаборатории института данные отклонений скоростей в точках от средней скорости всасывания (отнесенной к габаритной площади рашетки) при живом сечении решеток (по поясам), равном 80, 40 и 20%, показаны в табл. 21, из которой видно, что отклонения лежат в пределах ±30%, не считая нескольких отдельных точек.

Результаты распределения количества воздуха по каналам после проведения регулировки, полученные в результате инструментальной проверки на заводе, выборочно приведены в табл. 22. Из таблицы видно, что отсасываемый воздух распределился по всей площади решеток относительно равномерно, особенно по сравнению с распределением воздуха до регулировки (см. табл. 20).

На модели в лаборатории института был проведен дополнительный эксперимент, который состоял в том, что шиберы на всех девяти каналах были полностью открыты, решетки же были настолько закрыты, что суммарная площадь равномерно размещенных одинаковых двадцати семи отверстий равнялась площади сечения магистрального канала. Распределение количества воздуха или скоростей в отверстиях оказалось при этом

Таблица 21

Относительные скорости воздуха на модели решеток $\overline{v}_x = \frac{v_x}{v_{ср}}$

Измеряемый показатель	Номера каналов								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Первая решетка									
Степень открытия шибера в канале, % . . .	14	17	20	29	32	50	73	100	—
Скорость воздуха:									
в начале канала . .	0,60	0,68	0,769	0,99	0,84	1,04	0,88	0,49	—
в середине канала .	0,76	0,91	0,99	1,29	1,17	1,29	1,17	0,68	—
в конце канала . . .	0,92	1,02	1,05	1,41	1,32	1,49	1,28	0,92	—
Вторая решетка									
Степень открытия шибера в канале, % . . .	12	14	17	19	28	34	54	77	100
Скорость воздуха:									
в начале канала . .	0,77	0,99	0,90	0,81	0,81	0,93	0,95	0,65	0,42
в середине канала .	0,88	1,09	1,03	0,96	1,00	1,12	1,11	0,78	0,55
в конце канала . . .	1,37	1,51	1,29	1,16	1,27	1,37	1,41	1,03	0,8

Таблица 22

Распределение скоростей и количества воздуха на решетках после регулировки

Установка	№ канала	Колнчество воздуха в точках, расположенных вдоль каналов					
		1	2	3	4	5	6
С 9-ю каналами	1	0,24 / 690	0,21 / 605	0,28 / 805	0,22 / 630	0,15 / 430	0,12 / 350
	3	0,25 / 720	0,21 / 605	0,20 / 575	0,22 / 630	0,31 / 890	0,23 / 660
С 8-ю каналами	1	0,25 / 720	0,23 / 660	0,23 / 660	0,20 / 575	0,22 / 630	0,18 / 520
	3	0,28 / 805	0,28 / 805	0,17 / 490	0,22 / 630	0,18 / 520	0,21 / 605

Примечания: 1. В числителе показана габаритная скорость всасывания, м/с в знаменателе — количество воздуха, м³/ч.
2. Средние значения габаритных скоростей 0,22 м/с; объемов воздуха 635 м³/ч.

довольно равномерным (табл. 23). Приведенные в таблице данные показывают отклонение скорости (или количества воздуха) от среднего, принятого за единицу.

Таблица 23

Относительная скорость воздуха на решетке с малым живым сечением

Место измерения	Номера каналов								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Начало канала	1,34	1,26	1,30	0,08	0,86	0,81	0,79	0,83	0,80
Середина канала . . .	1,37	1,26	1,26	1,01	0,95	0,88	0,90	0,84	0,81
Конец канала	1,16	1,40	1,17	0,88	0,90	0,78	0,86	0,76	0,90

Из таблицы видно, что таким способом можно также добиться относительной равномерности всасывания на единицу площади решетки. Для того чтобы узнать, изменится ли при этом характер распределения скоростей и потоков воздуха в зоне всасывания на участке, равном габаритной площади сплошной решетки, были сняты спектры всасывания для решеток четырех типов с живым сечением $f_{сж}=1-0{,}08$ (рис. 48).

Сравнение этих спектров показывает, что характер распределения скоростей различается только вблизи решеток, а начиная приблизительно с половины меньшего размера общих габаритов решетки спектры всех четырех решеток, как и следовало ожидать, становятся практически одинаковыми.

При назначении живого сечения решетки следует учитывать, что решетки с малым живым сечением, хотя и не требуют специальных регулировочных приспособлений, более всего подвержены загрязнению, поэтому им следует предпочесть более открытые решетки.

Приводимые ниже примеры работы производственных установок бескамерной окраски на напольных решетках больших размеров показывают, что использование описанных рекомендаций по выравниванию воздухораспределения по площади решеток дают положительные результаты.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ НА УЧАСТКАХ БЕСКАМЕРНОЙ ОКРАСКИ

На Рязанском станкостроительном заводе несколько участков окраски оборудовано напольными вытяжными решетками. Отдельные окраски, где проводились исследования, имеющие основной целью гигиеническую оценку эффективности введения усовершенствованных методов нанесения покрытий, имеет площадь 24×50 м при высоте приблизительно 8 м и оборудовано напольными решетками двух видов: на одной поло-

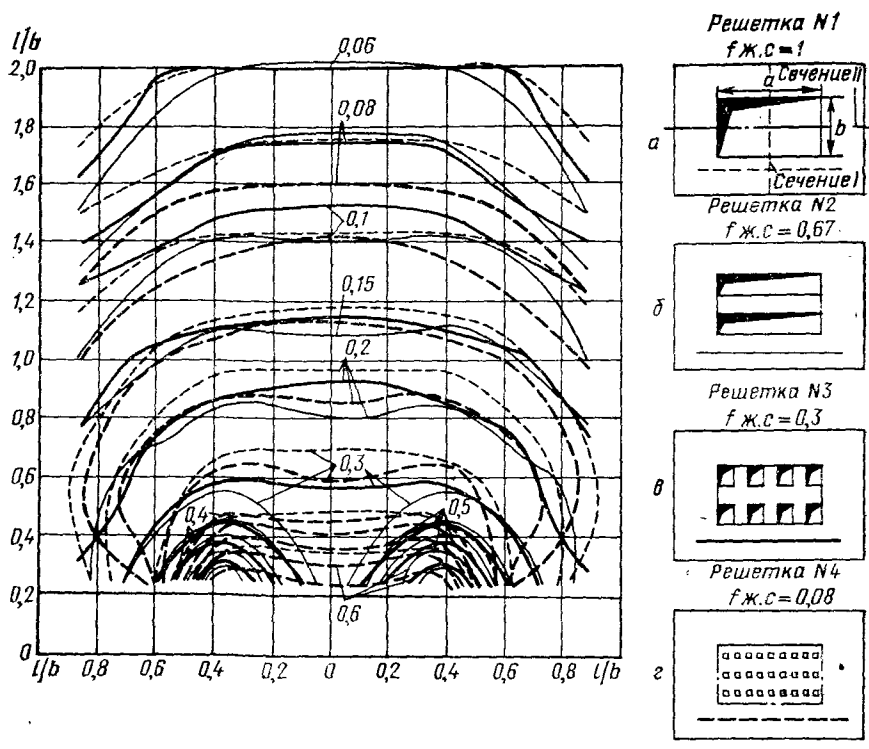


Рис. 48. Спектры всасывания вблизи решеток различного живого сечения

вине площади расположено равномерно восемь решеток размером 0,6×0,7 м, на второй — одна решетка размером 9,6×5,0, от которой воздух отсасывается тремя осевыми вентиляторами $d=1020$ мм. Приточный воздух подавался в верхнюю зону перфорированными воздуховодами.

Исследования проводили на большой напольной решетке (рис. 49) при окрашивании ящиков размером 1×1,0×0,25 м с откидными крышками, труб длиной до 20 м, диаметром 200 мм и других изделий средней величины. Методами безвоздушного и пневматического распыления наносили грунт ФЛ-ОЗК и эмаль НЦ-11, которые доводили до рабочей вязкости растворителями 646 и 647.

Аэродинамические измерения показали, что количество воздуха, удаляемого каждым вентилятором, было приблизительно одинаково и составляло 27 600, 25 000 и 29 000 м³/ч. Удельное количество отсасываемого воздуха составляло в среднем 1700 м³/ч на 1 м² габаритной площади решетки. Распределение

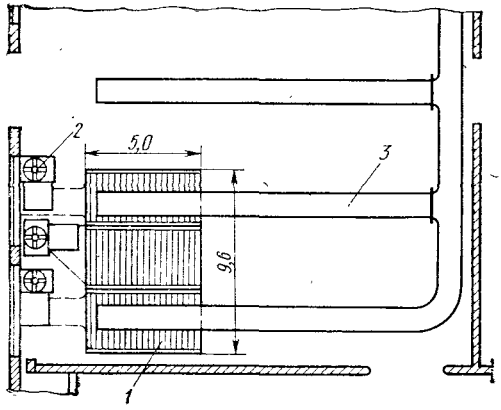


Рис. 49. Участок окраски на напольных вытяжных решетках Рязанского станкостроительного завода:

1 — вытяжная решетка; *2* — осевые вентиляторы; *3* — приточные воздуховоды

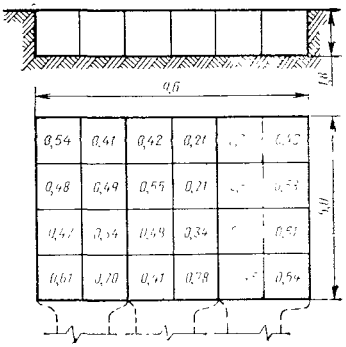


Рис. 50. Распределение скоростей всасывания на площади решетки

Таблица 24

Концентрация вредных выделений в воздушной среде при окраске на напольных решетках, мг/м³

Вещество	Метод окраски	Концентрация	Средняя концентрация
Красочная пыль:			
в зоне дыхания	Безвоздушное распыление	3; 0; 5,5; 3,5 5,0; 4,0; 4,5; 3,3; 9,3; 1,6; 2,2; 3,6; 4,2	4,2
в подпольном канале		20,5; 10; 10; 17,5; 26,9; 19,3	17,4
в зоне дыхания	Пневматическое распыление	4,9; 8,7; 3,0; 5,0; 16,7; 16,7; 4,2; 6,2; 3,2; 3,7	7,43
в подпольном канале		14,5; 20,4; 20,6; 43,3; 20,7; 7,9	23
Пары толуола:			
в зоне дыхания	Безвоздушное распыление	20; 20; 60; 100; 20; 40; 50; 25; 30; 50; 60	43
в подпольном канале		400; 700; 550; 250; 100; 300; 250; 350; 200; 225; 500; 500; 25; 40; 300; 400; 50; 200; 400; 650; 200; 1200; 750; 900	390
в зоне дыхания	Пневматическое распыление	40; 50; 100; 175; 50; 100; 40; 50; 125; 100; 30; 50; 70; 25; 80; 120	75
в подпольном канале		100; 150; 400; 300; 1000; 100; 550; 400; 450	390

скоростей всасывания по площади решетки при средней скорости 0,47 м/с показано на рис. 50.

Анализы проб воздуха, отобранных в зоне дыхания маляра и в отсасываемом воздухе во время окраски, приведены в табл. 24, из которой видно, что в зоне дыхания маляра в среднем концентрации красочной пыли при безвоздушном нанесении составляли 4,2 мг/м^3, а паров толуола 43 мг/м^3, что ниже ПДК. В то же время при окраске пневматическим способом концентрации в тех же местах составляли 7,43 и 75 мг/м^3, т. е. приблизительно в 1,5 раза превышали ПДК. В отсасываемом воздухе концентрации красочной пыли в 3—4 раза, а толуола в 5—9 раз выше, чем в рабочей зоне.

Исследования показали, что удельное количество воздуха, равное 1700 м^3/ч на 1 м^2 решетки, достаточно при безвоздушном нанесении и мало при пневматическом. Воздух, отсасываемый через напольные решетки, значительно более загрязнен, чем воздух на рабочем месте, что указывает на относительно хорошую эффективность вентиляции.

В нескольких цехах Калининского экскаваторного завода для окраски различных узлов экскаватора высотой до 2 м применяют напольные решетки. На рис. 51 показан один из постов такой окраски, расположенный в углу цеха у въездных

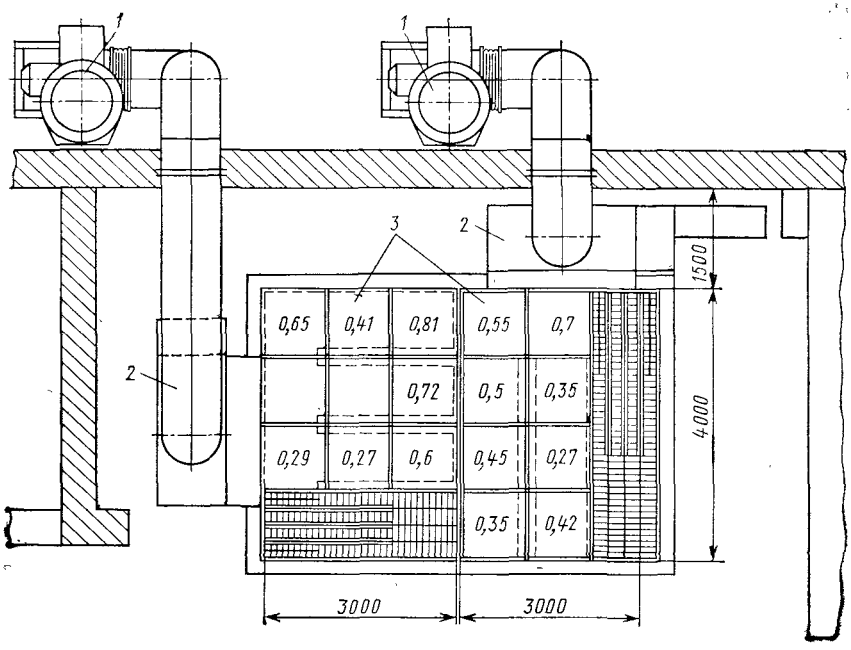


Рис. 51. Напольные вытяжные решетки для окраски узлов экскаватора:
1 — центробежные вентиляторы; *2* — гидрофильтры; *3* — вытяжные решетки

ворот. Две решетки размером 3×4 примыкают друг к другу длинными сторонами. Удаление воздуха от каждой решетки производится самостоятельным центробежным вентилятором Ц4-70 № 10, установленным снаружи цеха. Производительность каждого вентилятора, установленная измерениями составила приблизительно 25 000 м³/ч, при этом удельный расход воздуха был равен 2100 м³/ч на 1 м² габаритной площади решетки. Скорости, измеренные выборочно для отдельных участков одинаковой площади решеток, приведены на рис. 51.

Величины этих скоростей показывают, что нет последовательного изменения скоростей от меньшей к большей или наоборот. При проведении измерений отмечалось, что отдельные участки были забиты краской, а на некоторых регулировочные пластинки, уменьшающие живое сечение прохода воздуха под решетку, были поломаны.

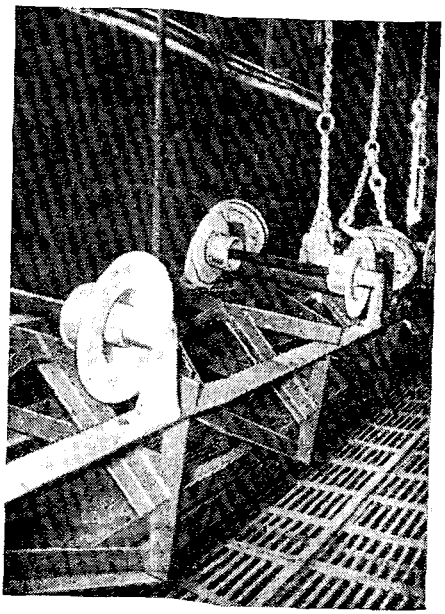


Рис. 52. Общий вид вытяжной напольной решетки

Условия труда маляра при окраске на описанных решетках методом безвоздушного распыления удовлетворительные, что подтвердилось анализами проб воздуха рабочей зоны на ксилол, проведенными заводской лабораторией.

Общий вид вытяжной решетки для бескамерной окраски рам многоковшевого экскаватора на напольном конвейере на одном из заводов дорожного и траспортного машиностроения приведен на рис. 52.

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРИ БЕСКАМЕРНОЙ ОКРАСКЕ

Бескамерную окраску применяют в условиях производства крупных изделий мелкосерийного выпуска, когда использование окрасочных камер невозможно.

Наиболее рациональным способом вентиляции для этого случая является устройство вытяжки через решетки в полу на местах окраски. При этом забор загрязненного воздуха осуще-

ствляется из зон максимальных концентраций вредных выделений с удалением его кратчайшим путем, минуя зону дыхания рабочего; вредные выделения локализуются на местах окраски и не распространяются по помещению; вентиляционные устройства не препятствуют работе подъемных кранов и использованию других транспортных средств; все окрасочно-подготовительные работы с промежуточным подсушиванием изделий выполняются на одном месте без перемещения изделия.

Площадь решеток должна быть достаточной для размещения всех одновременно окрашиваемых изделий. Лакокрасочные составы не должны содержать свинцовых соединений.

Высота окрашиваемых изделий не должна превышать 0,75 величины размера решетки и при этом не должна быть больше 2 м, не считая отдельных выступающих частей — стоек, шпинделей и т. п. Изделия следует размещать по возможности в центре решетки не ближе 300 мм от ее края.

В исключительных случаях при необходимости бескамерного окрашивания изделий высотой более 2 м рабочий должен иметь приспособления для перемещения по высоте. Вытяжные напольные решетки следует ограждать несгораемыми перегородками облегченного типа, установленными непосредственно на полу, высота их должна быть больше высоты изделия на 0,5 м.

Количество отсасываемого воздуха от решеток следует принимать по табл. 25 в зависимости от способа нанесения и состава лакокрасочных покрытий в пределах от 2500 до 900 м³/ч на 1 м² габаритной площади решеток.

Таблица 25

Удельное количество воздуха, отсасываемого с 1 м² габаритной площади напольных решеток

Способ нанесения	Лакокрасочные материалы	Удельное количество воздуха, м³/ч
Пневматический	Не содержащие ароматические углеводороды	2200
	Содержащие ароматические углеводороды	2500
Безвоздушный	Не содержащие ароматические углеводороды	1350
	Содержащие ароматические углеводороды	1700
Гидроэлектростатический	Не содержащие ароматические углеводороды	900
	Содержащие ароматические углеводороды	1100
Пневмоэлектростатический	Различные	900

Отсасываемый воздух должен равномерно распределяться по всей площади решетки. Для больших решеток (при меньшей стороне более 2 м) пространство под ними следует разделять на отдельные каналы равного постоянного сечения, стенки которых могут служить опорой для решеток. Учитывая, что равномерность вытяжки создается при относительно малых скоростях движения воздуха в каналах, последние должны иметь значительную высоту (не менее 1,5 м), что облегчает их очистку.

Для достижения равномерности всасывания воздуха по всей площади решеток рекомендуется пользоваться регулировочными приспособлениями — шиберами, установленными в местах присоединения ответвлений к сборному каналу.

Варианты схем присоединения отдельных каналов к сборному каналу показаны на рис. 53.

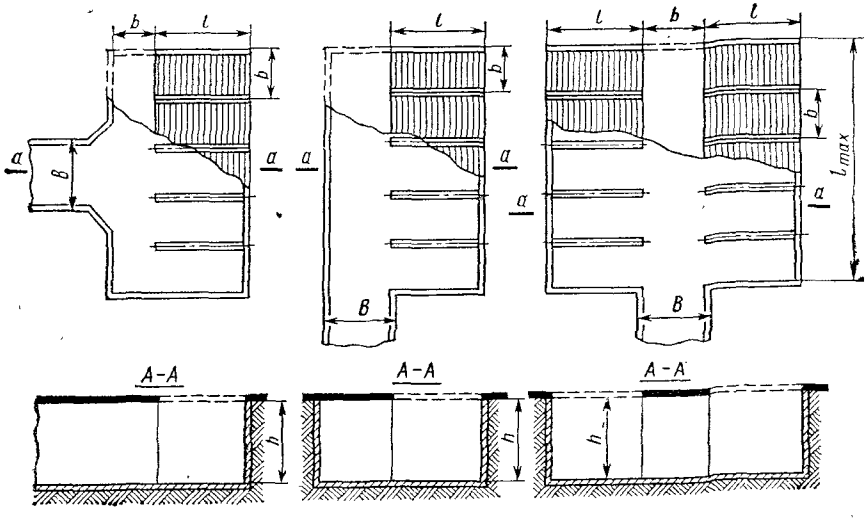


Рис. 53. Схемы присоединения отдельных каналов к сборному каналу

В том случае, если длина канала составляет не более 1,3 его высоты и каналы перекрыты однородной решеткой площадью живого сечения 75% и меньше, падение скорости в удаленных концах каналов будет незначительным, что устраняет необходимость ее регулирования.

При более длинных каналах для поддержания равенства скоростей или удельных количеств воздуха по всей длине l следует перекрывать каналы решетками, имеющими различную площадь живого сечения $f_{ж.с}$ от максимально возможного (в конце) до указанного на рис. 54.

Для упрощения монтажа и эксплуатации можно допустить не плавное изменение площади сечения решеток, а скачкообраз-

ное, разделив условно всю длину рашетки вдоль канала на несколько участков. Длину каждого участка рекомендуется принимать около 1 м.

Равенство количеств отсасываемого воздуха от каждого канала может быть достинуто шиберованием устья каналов в соответствии с данными рис. 54.

Если отсос выполнен по первому варианту (см. рис. 53) и общая ширина всех каналов (Σ) составляет не более четырех размеров ширины сборного воздуховода 4В, то шиберование каналов не нужно, так как в этом случае неравенство распределения количества воздуха по каналам будет незначительным — в пределах 30%.

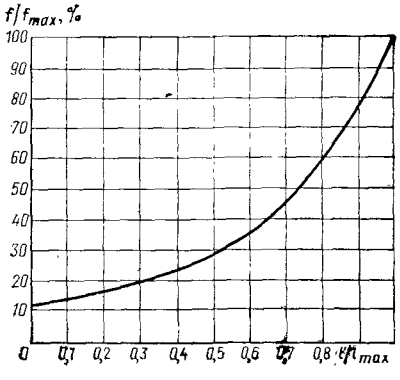


Рис. 54. Расчетный график для определения живого сечения $f_{ж.с}$ каналов (решеток) в % от наиболее удаленного, полностью открытого

Каналы перекрываются решетками, выполненными из полосовой и угловой стали. Максимальное живое сечение решеток составляет 70—80% габаритного.

Очистку воздуха, отсасываемого через решетки, следует производить в гидрофильтрах, которые должны быть установлены как можно ближе к воздухоприемному отверстию. Дно приямка должно быть покрыто слоем воды высотой не менее 50 мм.

Отсасываемый воздух должен компенсироваться в том же количестве притоком свежего воздуха; если имеются смежные, более чистые помещения, то приток воздуха непосредственно в малярное отделение должен быть подан в количестве 95—90% от вытяжки, а остальной подается в смежные помещения (до баланса).

Приточный воздух, подогретый в холодное время до температуры помещения, следует подавать выше рабочей зоны через воздуховоды или панели равномерной раздачи, а также воздухораспределителями с вертикальным или горизонтальным направлением струй. Скорости струй приточного воздуха на местах окраски не должны превышать 0,3 м/с. На рис. 55 показан общий вид вентиляционной установки для бескамерной окраски [I].

Установку применяют в окрасочных цехах промышленных предприятий с мелкосерийным и единичным производством.

Изделия подают в установку при помощи кран-балки или мостового крана и укладывают по возможности посредине решетки на специальные подставки. Максимальный размер окра-

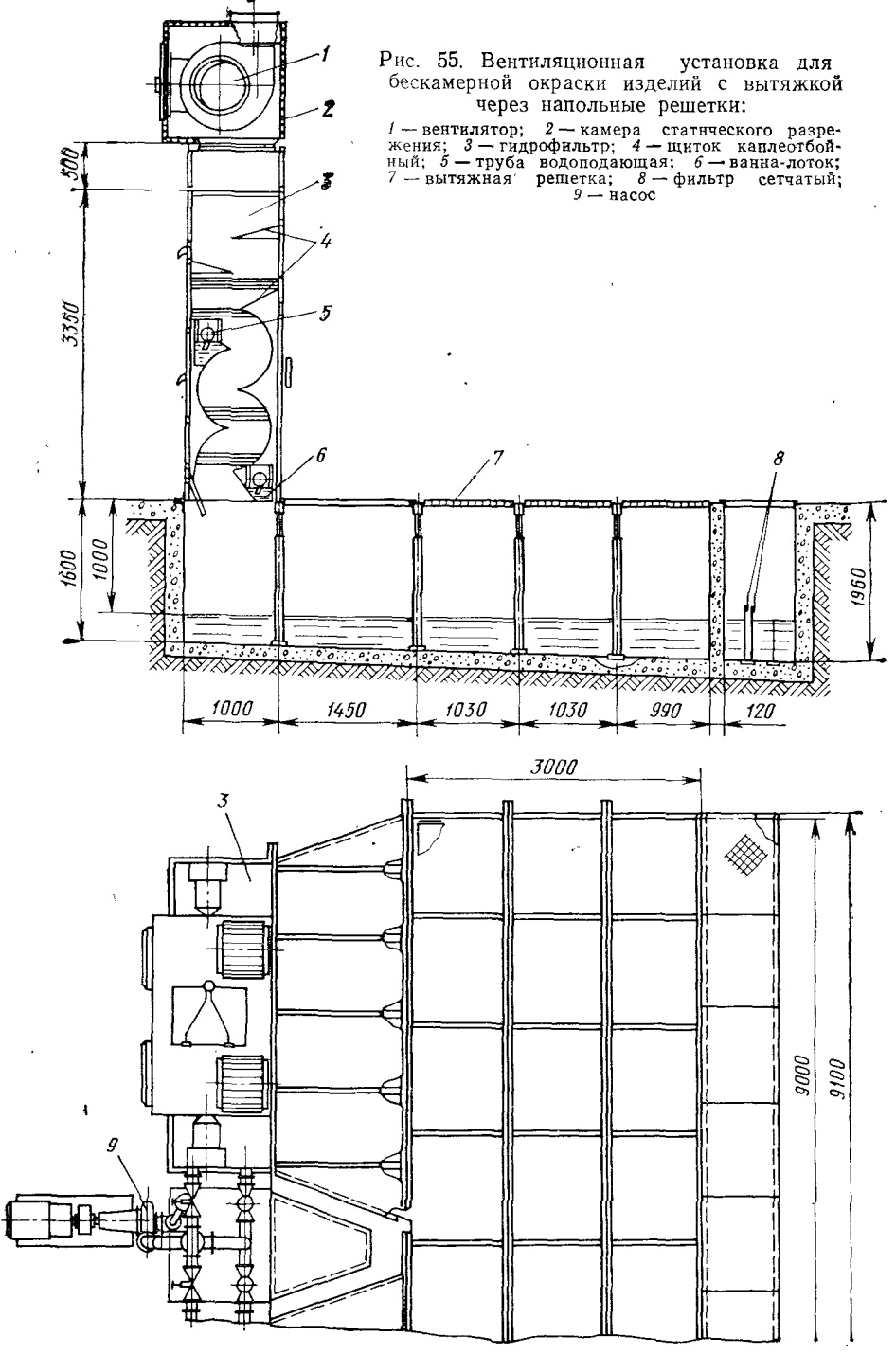


Рис. 55. Вентиляционная установка для бескамерной окраски изделий с вытяжкой через напольные решетки:

1 — вентилятор; *2* — камера статического разрежения; *3* — гидрофильтр; *4* — щиток каплеотбойный; *5* — труба водоподающая; *6* — ванна-лоток; *7* — вытяжная решетка; *8* — фильтр сетчатый; *9* — насос

шиваемого изделия 8,4×2,4×1,5 м. Высота окрашиваемого изделия вместе с подставкой 2 м. Общий габаритный размер решетки 9×3 м. Удельный расход воздуха 2500 м³/ч на 1 м² габаритной площади решетки.

Установка состоит из ванны, заполненной водой, двух гидрофильтров, двух насосных агрегатов и четырех центробежных вентиляторов производительностью 17 000 м³/ч каждый с развиваемым напором 104 кгс/м² и электродвигателей мощностью 10 кВт при частоте вращения $n=970$ об/мин на одном валу с вентилятором. Вентиляторы установлены в камерах постоянного статического давления попарно.

Ванна расположена ниже нулевой отметки пола цеха и представляет собой забетонированный приямок. Сверху ванна перекрыта решеткой, через которую отсасывается загрязненный воздух. Ванна имеет два выступающих кармана для установки гидрофильтров, два сточных канала и две сборные емкости.

Пол ванны выполнен с уклоном в сторону вертикальных сетчатых фильтров, делящих ее на чистую и грязную зоны. К чистой зоне примыкают сточные лотки, вода по ним стекает в сборные емкости, в которых расположены устройства для слива и перелива воды и всасывающий трубопровод насоса.

Глава 7. ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА УСТАНОВОК АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОКРАСКИ ИЗДЕЛИЙ

К установкам автоматизированной окраски изделий, применяющимся в настоящее время в промышленности, относятся камеры окраски в электростатическом поле высокого напряжения, установки струйного облива и окунания с последующей выдержкой в парах растворителя и установки электроосаждения. Начинают применяться установки нанесения порошкового материала.

Как отмечалось ранее, применение методов автоматизированной окраски взамен ручной с санитарно-технической точки зрения может рассматриваться как положительный фактор, позволяющий не только улучшить условия труда, но и повысить культуру производства. Автоматизированную окраску производят в камерах или установках, в которые рабочий во время окраски не входит. Вентиляция таких камер и установок должна предупреждать возможность выбивания вредных выделений за пределы камер и установок; образование взрывоопасных концентраций внутри них.

Вентиляционные устройства каждого из перечисленных методов имеют свои особенности. Поскольку методы являются относительно новыми, только осваиваемыми промышленностью (например, электроосаждение, струйный облив водоразбавляемыми материалами), изложенные ниже рекомендации по устройству вентиляции в некоторой части могут рассматриваться как временные, которые по мере накопления опыта работы установок должны уточняться.

1. ВЕНТИЛЯЦИЯ КАМЕР ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ОКРАСКИ

Суть метода окраски изделий в электрическом поле высокого напряжения и технологические особенности электроокрасочных камер рассмотрены выше, в гл. 1.

Наглядное представление о различии физических явлений, происходящих при нанесении обычного лакокрасочного материала и электрозаряженного материала, движущегося в направ-

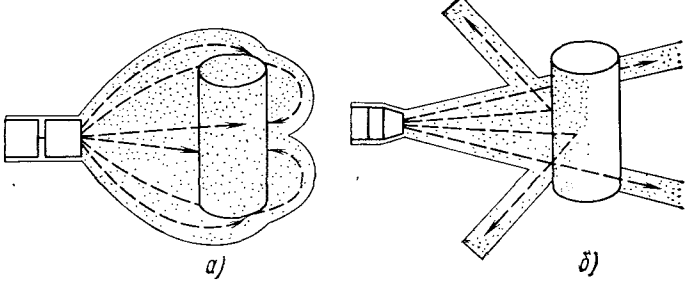


Рис. 56. Распространение факела лакокрасочного материала при окраске трубы методом электростатического (*а*) и пневматического (*б*) распыления

лении окрашиваемого изделия не только в силу инерции струи, но и под влиянием разности электрических потенциалов, дает рис. 56.

При этом методе окраски не только уменьшаются потери красочного аэрозоля «за контур» и за счет «отражения» струи (образования вихревых зон у поверхности), но и понижается инерционная активность красочного факела. Можно считать, что в электроокрасочной камере с механическими распылителями воздух загрязняется лишь парами растворителей; их количество в воздухе определяется общим расходом лакокрасочного материала и его физико-химическими свойствами, т. е. скоростью высыхания покрытия.

Общая характеристика воздушной среды в камере, а также характеристика вентиляционных устройств обычно применяющихся в электроокрасочных камерах, может быть получена на основе результатов санитарно-технических исследований двух камер с применением распылителей механического типа — грибковых и дисковых.

В окрасочном цехе Люберецкого завода сельскохозяйственного машиностроения им. Ухтомского были обследованы две электроокрасочные камеры (одна для грунтовки, другая для окраски), последовательно расположенные на конвейере. Обе камеры по конструкции и размерам одинаковые. Габариты камеры 6000×4100×3500 мм. Внутри камер установлены на изоляционных стойках четыре грибковых распылителя, по два с каждой стороны конвейера (рис. 57).

В качестве лакокрасочных материалов применяли грунтовку № 138 и глифталевую эмаль ФСХ-15. Лакокрасочный материал подавали к распылителям по хлорвиниловому шлангу шестеренчатым насосом из находящихся над ним бачков для краски. Количество подаваемого ЛКМ регулировали насосом.

Насос с электродвигателем, бачки с краской, а также высоковольтное устройство с пультом управления расположены снаружи, рядом с окрасочной камерой.

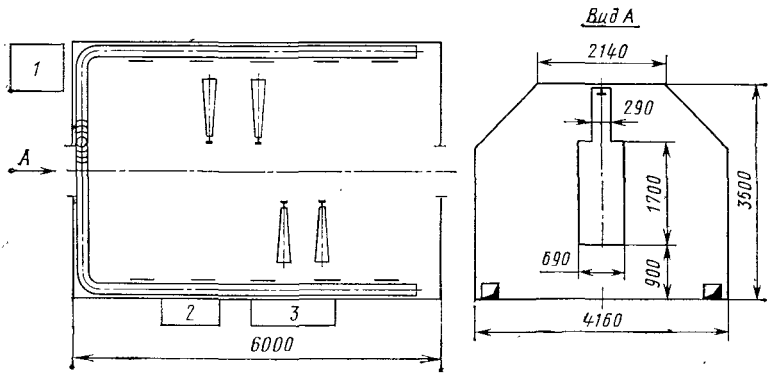


Рис. 57. Электроокрасочные камеры Люберецкого завода сельскохозяйственного машиностроения им. Ухтомского

Детали для окраски подавали конвейером на подвесках. Вытяжная вентиляция в окрасочных камерах осуществлялась через два воздуховода, проложенные по полу у продольных стен. В каждом воздуховоде имеется по пять отверстий размером 320×110 мм с шиберами, обращенными внутрь камеры.

Количество отсасываемого воздуха от камеры для электрогрунтовки 4300 м³/ч, а от камеры для электроокраски 3900 м³/ч.

Скорости воздуха в транспортных проемах со стороны входа изделий в камеру в среднем составляли 0,55 — 0,5 м/с, а со стороны выхода 0,45 — 0,4 м/с.

Скорости воздуха внутри камеры в местах расположения краскораспылителей составляли 0,43 — 0,2 м/с.

Воздухообмен, создающийся в камерах вследствие работы вентиляции, 50-кратный в час.

В помещении у выходного проема камеры электрогрунтовки был установлен приточный патрубок, через который воздух подается в три стороны на высоте приблизительно 1,2 м от пола. При этом поток приточного воздуха попадал на свежеокрашенные изделия. Направленный на проем электрокамеры приточный воздух вызывал периодическое выбивание воздуха из камеры, поэтому измерения скоростей подсоса в камеру производили при выключенном притоке.

Результаты проведенных исследований воздушной среды (табл. 26) показали, что содержание красочной пыли в обеих установках, около них и на расстоянии до 1,5 м от установок, были незначительными, ниже ПДК. Такое незначительное содержание красочной пыли даже внутри электрокамер (пробы были взяты у распылителей на разных уровнях около окрашиваемых изделий не в факеле краски) говорит о малой потере краски при ее распылении. Пробы воздуха, взятые внутри вы-

Таблица 26

Концентрация вредных выделений при электростатической окраске

Место отбора проб	Электрогрунтовочная камера, мг/м³		Электроокрасочная камера, мг/м³	
У пульта управления	0,5 (0,3—0,6)	65 (40—90)	0,1—0,2	150
Во входном проеме	0,7—0,8	40—50	0,5	70
Внутри камеры	0,7 (0,5—1,1)	160 (80—240)	0,7 (0,5—1,0)	260 (80—400)
В выходном проеме	1,0 (0,5—1,2)	40—250	0,1	70—290
На расстоянии 1—1,5 м	0,5—0,6	—	0,3 (0,2—0,5)	70
ПДК	5	100	5	100

тяжных воздуховодов, также показали незначительное содержание пыли (1,7 — 9,5 мг/м³).

Концентрации растворителей (сольвента) внутри камер, особенно в окрасочной, были повышенными (80 — 400 мг/м³). Значительное содержание сольвента было также и в выходных проемах (40 — 250 мг/м³ и 70 — 290 мг/м³), меньше во входном (50 — 70 мг/м³), а около пульта управления у электроокрасочной камеры (на основном рабочем месте маляра) сольвента было 150 мг/м³, т. е. в полтора раза больше ПДК, что можно объяснить выносом растворителя свежеокрашенными изделиями.

Электроокрасочная камера (французской фирмы «Колонер»), используемая на автомобильном заводе им. Ленинского Комсомола (АЗЛК), предназначена для отделочных покрытий кузовов. Габариты камеры 7000×5200×3800 мм.

Внутри камеры установлены дисковые электрораспылители на специальных стойках, по три с боков, а три укреплены к потолочному порталу (рис. 58).

Боковые диски перемещаются на высоте 600 и 1500 мм от пола, а портальные движутся по всей ширине камеры горизонтально на высоте около 2500 мм.

Окраска производится при напряжении 80 кВ и работающей вентиляции. Для окраски применяются эмали марки МА-12 с разведением их до рабочей вязкости австрийским растворителем.

Пульт управления, насосы и бачки для краски расположены вне камер.

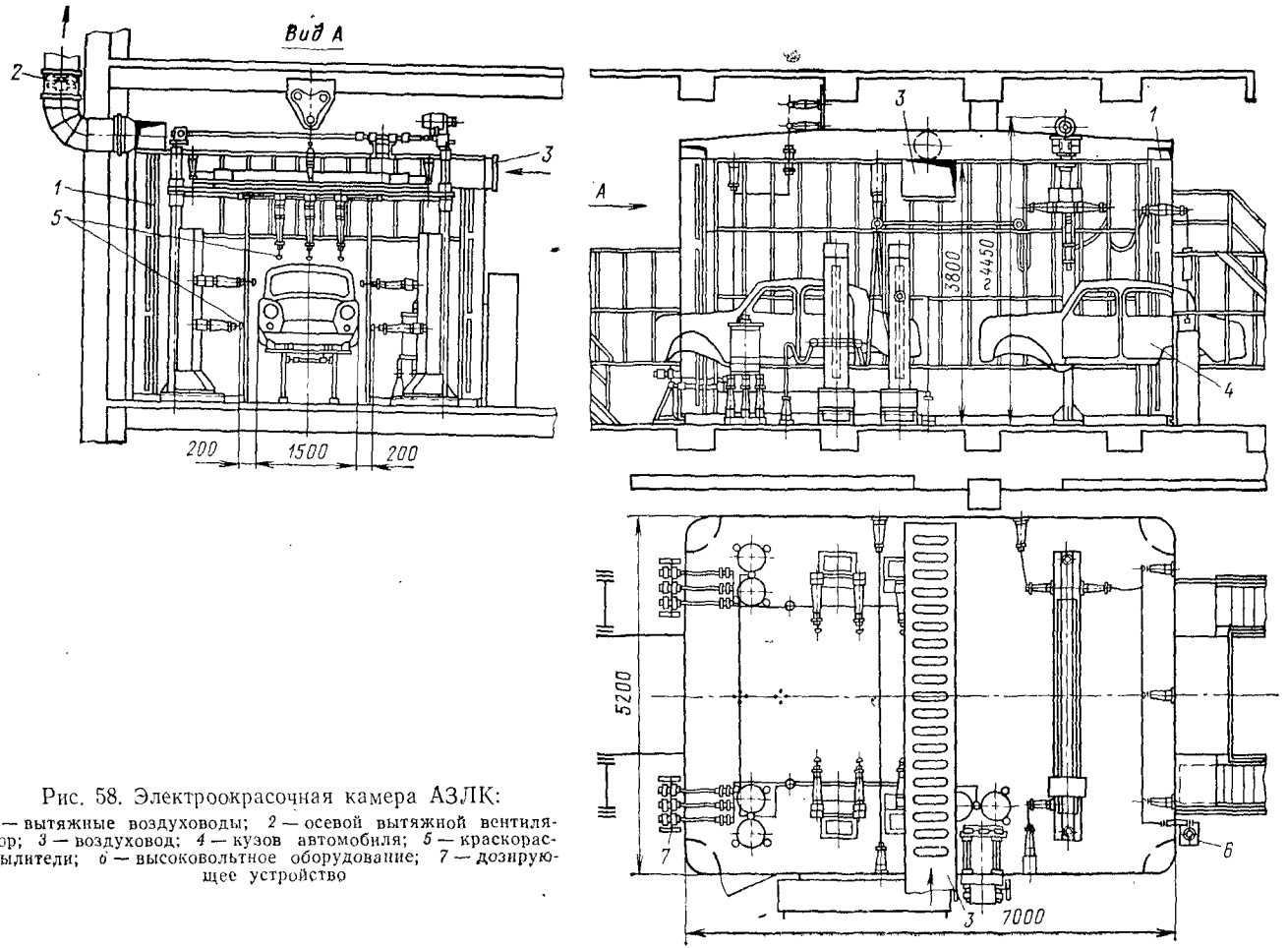


Рис. 58. Электроокрасочная камера АЗЛК:

1 — вытяжные воздуховоды; *2* — осевой вытяжной вентилятор; *3* — воздуховод; *4* — кузов автомобиля; *5* — краскораспылители; *6* — высоковольтное оборудование; *7* — дозирующее устройство

Вытяжка из камер электроокраски производится через вытяжные воздуховоды *1* щелевыми отсосами, снабженными задвижками, установленными по четырем углам камеры. Ширина щелевых отверстий 40 мм.

На потолке камеры четыре отсоса объединены общей трубой, и воздух с помощью осевого вентилятора *2* выбрасывается в атмосферу выше карниза крыши. Производительность вентилятора 4000 м³/ч. При этом в камере обеспечивается приблизительно 40-кратный воздухообмен.

Приточный воздух подается в камеру от общецеховых установок кондиционирования, что позволяет выдержать в камере заданные технологами параметры воздуха: температуру, влажность и чистоту. Камера встроена в конвейерную линию окраски и не имеет открытых проемов, выходящих в помещение цеха.

Для обеспечения автономности камеры по воздуху в тамбуры, соединяющие ее с соседними камерами, подается приточный воздух.

Выпуск приточного воздуха в камеру производится через воздуховод *3* сечением 800×500 мм, проложенный под потолком камеры и имеющий 12 отверстий 700×120 мм в нижней стенке воздуховода. Отверстия частично перекрыты задвижками.

Количество подаваемого в камеру воздуха составляет 2200 м³/ч, в оба тамбура — 1500 м³/ч. Исследования распределения притока воздуха по камере (с помощью дыма) показали, что воздух выходит в основном через последние отверстия и направляется по наклонной линии к задней стенке камеры и к полу. При этом скорости воздуха вблизи краскораспылителей достигают 0,6 — 0,8 м/с. Скорость воздуха в зоне распыла ЛКМ 0,28 — 0,56 м/с.

Таким образом, весь воздух подается по диагонали среднего сечения камеры, поэтому в камере под концом приточного короба создается большая подвижность воздуха.

Наблюдения за потоками воздуха в проемах тамбуров показали, что перетекание воздуха через эти проемы происходит как в камеру, так и из камеры. Скорости воздуха в проемах камер 0,3 — 0,55 м/с.

Исследования содержания красочного аэрозоля и паров растворителей (выбор которых производился на основе предварительного анализа австрийского растворителя) в воздушной среде камеры и вблизи нее показали, что концентрации красочной пыли в камере незначительны и составляют в среднем 9 мг/м³. Пары растворителей обнаружены в больших количествах (табл. 27).

Для определения требований к устройству вентиляции в электроокрасочных камерах следует решить два вопроса: какова должна быть величина скоростей всасывания воздуха в открытые проемы, которая определит величину воздухообмена

Таблица 27

Концентрация вредных выделений при электростатической окраске

Место отбора проб	Содержание вредных выделений, мг/м³			
	Красочная пыль	Ксилол	Бутанол	Бензол
У пульта управления	0,4—0,7	60—80	10	Не обнаружено
Во входном проеме	1,7—5,9	80	—	—
Внутри камеры	9,0 (4,1—10,6)	160 (20—300)	280 (140—450)	140
В выходном проеме	7,3—7,6	Не обнаружено	130—160	Не обнаружено
На расстоянии 1—1,5 м	0,3	Не обнаружено	—	Не обнаружено
ПДК	5	50	10	5

для камер (без подачи воздуха в них), и на сколько загрязнен красочной пылью удаляемый из камер воздух. Ответ на первый вопрос дают результаты исследований, проведенных на Люберецком заводе сельскохозяйственного машиностроения им. Ухтомского, которые показывают, что скорости воздуха должны составлять не менее 0,5 м/с. Для решения второго вопроса воспользуемся данными исследований на экспериментальной установке НПО «Лакокраспокрытие». На основании данных табл. 5 можно ориентировочно подсчитать количество красочной пыли, не оседающейся на поверхности окрашиваемого изделия и поступающей в воздушную среду при различных электростатических распылителях. Так, для описанной выше камеры для окраски легковых автомобилей, оборудованной пятнадцатью центробежными распылителями производительностью 100 г/мин каждый, это количество составит $100 \cdot 15 \frac{0,3}{100} = 4,5$ г/мин, или 270 г/ч. Как показали исследования, около 15% этого количества уходит с вентиляционным воздухом в вытяжные воздуховоды (расход вытяжного воздуха 4000 м³/ч, средняя концентрация 9 мг/м³, а всего $\frac{4000 \cdot 9}{1000} = 36$ г/ч). При этом загрязненность вытяжных воздуховодов невелика, их очистку производят не чаще одного раза в месяц. В то же время при применении только одного пневмоэлектростатического

распылителя производительностью 200 г/мин в воздушную среду будет поступать $200\frac{10}{100} = 20$ г/мин, или 1200 г/ч красочной пыли. На основании приведенных расчетов можно сделать вывод, что нет необходимости оборудовать гидрофильтрами камеры с центробежными распылителями и камеры с электростатическими распылителями других конструкций, когда общее часовое количество красочной пыли, выделяющейся в воздушную среду (подсчитанное по данным табл. 5) не будет превышать 250—300 г.

Электроокрасочные камеры с центробежными распылителями оборудуют механической вытяжной вентиляцией, рассчитанной на создание в открытых транспортных проемах камер скоростей всасывания 0,5 м/с. Отсос осуществляется через вертикальные воздуховоды, расположенные в четырех углах камеры (с обеих сторон проемов) с отверстиями по всей высоте камеры (рис. 59). Для обеспечения равномерности вытяжки вдоль каждого воздуховода суммарную площадь отверстий необходимо принимать не более 80% площади сборного воздуховода.

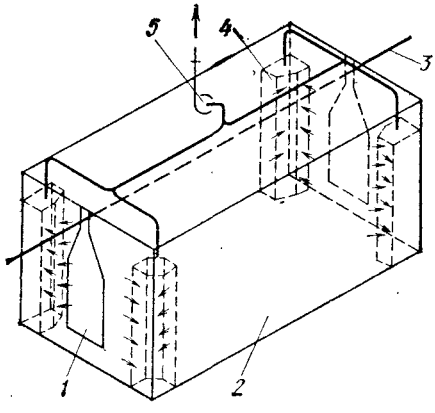


Рис. 59. Схема вентиляции камер электроокраски:
1 — транспортный проем; *2* — корпус камеры; *3* — конвейер; *4* — воздухозаборные коробы; *5* — вытяжной вентилятор

Количество отсасываемого воздуха должно быть достаточным для разбавления выделяющихся в камере паров растворителей (количество которых принимается по данным технологов) до концентраций, не превышающих 20% нижнего предела взрываемости.

Необходимость оборудования камер подачей кондиционированного воздуха определяется технологами. Приточный воздух непосредственно в камеру следует подавать воздуховодами равномерной раздачи в верхнюю зону в количестве, равном 90% вытяжного. В этом случае камеры оборудуют тамбурами, в которые подается недостающий по балансу воздух.

Для камер, оборудованных пневмо- или гидроэлектростатическими распылителями, после определения воздухообмена указанным способом проверяется необходимость оборудования их гидрофильтрами по методу, изложенному выше.

2. ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА УСТАНОВОК ОКРАСКИ СТРУЙНЫМ ОБЛИВОМ ИЛИ ОКУНАНИЕМ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ВЫДЕРЖКОЙ В ПАРАХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Исследование установок струйного облива, работающих на органических растворителях. В соответствии с прогнозированием потребности в новой окрасочной технике, выполненным на основе технико-экономических показателей, окраска струйным обливом или окунанием с последующей выдержкой в парах растворителей должна занять в ближайшие годы в покрытиях низших классов ведущее место.

Установка окраски струйным обливом (принцип работы которой описан в разделе 1) состоит из нескольких секций (рис. 60): входного тамбура, зоны облива, парового тоннеля и

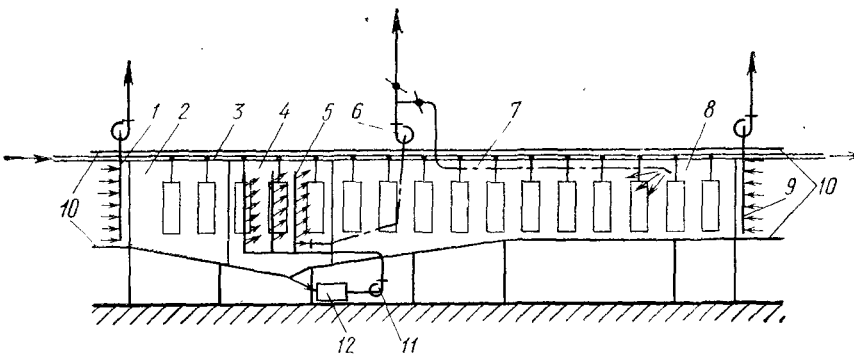


Рис. 60. Схема установки окраски струйным обливом:

1 и *9* — воздушные затворы; *2* — входной тамбур; *3* — монорельс подвесного конвейера; *4* — зона облива; *5* — контур с соплами; *6* — рециркуляционная система вентиляции; *7* — паровой тоннель; *8* — выходной тамбур; *10* — ограничительные плоскости; *11* — насос для краски; *12* — бак для лакокрасочного материала

выходного тамбура. Конфигурация установки в плане может быть линейной, Г-образной или П-образной. Боковые стенки корпуса паровой зоны часто остекляют и оборудуют наружными светильниками, что позволяет наблюдать за процессом окраски. В зоне облива располагаются подвижные или неподвижные контуры облива с соплами, к которым лакокрасочный материал подается насосом.

Установки, в которых вместо облива осуществляется окунание изделий в емкость с краской, в принципе не отличаются от описанных. Только в случае применения водоразбавляемых лакокрасочных материалов возникает технологическая необходимость борьбы с образованием пены на поверхности ванны и создания требуемых концентраций паров растворителей искусственным путем. В то время, как достаточные концентрации в тоннеле установок, работающих на органических растворителях, достигаются за счет испарения с поверхностей струй циркули-

рующей краски, окрашенных изделий и установки, при применении водоразбавляемых ЛКМ система рециркуляции дополнена калорифером и испарителем. Однако температура в установке подерживается на уровне температуры окружающего воздуха. Для предупреждения образования пены на поверхности ванны (которая вызывает некачественное покрытие) применяют систему пеногашения, обеспечивающую поверхностное течение лакокрасочного материала.

Как упоминалось выше, вентиляционные системы установок окраски струйным обливом или окунанием устраиваются с целью:

1) поддержания внутри установок постоянных (высоких) концентраций паров растворителей однородных по всей длине и высоте парового тоннеля;

2) сокращения до минимума выноса паров растворителей в помещение при минимальном уносе их в атмосферу.

Первая задача целиком технологическая и решается она относительно просто.

Основной, сложной задачей является вторая. Размеры полностью открытых проемов установок нередко составляют 2×2 и даже 2×3 м. При этом внутри установок концентрации растворителей чрезвычайно высоки. Они в 100 — 400 раз превышают ПДК для воздуха рабочей зоны производственных помещений.

Проанализируем, под влиянием каких причин воздух, насыщенный парами растворителей, может выбиваться из установки через открытые проемы. Во-первых, выбивание может происходить под влиянием гидростатического напора. Приближенные расчеты показывают, что концентрация растворителей внутри тоннеля, составляющая 20 г/м^3, создает ощутимый гидростатический напор, который может вызвать выбивание воздуха внизу проемов со скоростью 0,5 м/с.

Однако при повышенных температурах внутри тоннеля по сравнению с помещением может создаваться гидростатический напор, выталкивающий воздух вверху проемов. Приблизительные подсчеты показывают, что при превышении температуры внутри установки на 4 — 5°С гидростатические силы, вызывающие выбивание воздуха внизу, уравновесятся силами противоположного знака. Если при тех же концентрациях внутри тоннеля температура воздуха будет на 10° С выше, чем в помещении, то выбивание будет вверху проема со скоростью приблизительно 0,6 м/с.

Определить заранее суммарное значение гидростатического напора практически невозможно в связи с тем, что возникновение разницы температуры воздуха в установке и в цехе (с плюсом или с минусом) может вызываться различными причинами: изделия, поступающие на окраску после обезжиривания и сушки, могут сохранять несколько повшенную температуру

и нагревать воздух внутри тоннеля. С другой стороны, процесс испарения растворителей сопровождается понижением температуры воздуха внутри установки; температура воздуха в цехе, как правило, меняется (за счет солнечной радиации, временного открытия проемов и т. д.). В то же время температура в установке, где рециркулирует в основном один и тот же воздух, может оставаться постоянной.

Следовательно, выбивание воздуха из установок за счет гидростатического напора может происходить по всей высоте открытых проемов.

Второй причиной, вызывающей выбивание воздуха через проемы, могут являться неудачно направленные струи рециркуляционного воздуха, а именно перпендикулярно к продольной оси установки (поверхности изделия) или в сторону открытых проемов как снизу, так и сверху.

В-третьих, выбивание может вызываться большой подвижностью окружающего установку воздуха. Распространение газов за счет диффузии по сравнению с перечисленными причинами играет незначительную роль.

Заметим, что основной причиной выбивания, которую труднее всего устранить, является гидростатический напор. Известно, что он зависит от высоты проема, которая входит в формулу, определяющую объем выходящего воздуха в степени 1/2.

Неравномерность концентраций внутри установок струйного облива по высоте и по длине тоннеля обусловливается как тем, что пары растворителя тяжелее воздуха, и поэтому стремятся занять нижнее положение, так и тем, что наибольшее выделение паров происходит в зоне облива, где непрерывно циркулирует большое количество краски.

Чтобы избежать значительного расслоения концентраций, необходимо производить механическое перемешивание воздуха внутри установки, что и делается с помощью рециркуляционной установки.

Чтобы получить представление о работе этих новых, принципиально отличных от всех существовавших ранее окрасочных установок и составить их предварительную санитарно-техническую характеристику, выполнялись производственные исследования осваиваемых промышленностью установок. Исследования проводились в основном на предприятиях сельскохозяйственного и тракторного машиностроения при нанесении грунтовочных покрытий на различные детали машины. Растворителем являлся сольвент.

При исследованиях выявлялись особенности устройства вентиляционных систем; измерялась их производительность; изучались потоки воздуха в открытых проемах установок, их направление и скорость; определялись концентрации сольвента в воздухе тоннеля, в открытых проемах установок и на некотором расстоянии от них, а также в отсасываемом от воздушных зат-

воров воздухе. Исследования показали, что для обеспечения постоянства концентраций по длине и высоте парового тоннеля следует применять системы рециркуляции, оборудованные центробежным вентилятором. Забор воздуха осуществляется снизу установки из зоны облива или по всей длине парового тоннеля. Подача воздуха в установку производится в выходной тамбур через одно или несколько отверстий преимущественно в среднюю зону.

Для предупреждения выхода паров растворителя из установки в помещение применяют воздушные затворы всасывающего действия у входного и выходного проемов. Затворы оборудованы одним или двумя (самостоятельными для каждого проема) центробежными вентиляторами. Воздушные затворы устроены в виде щелевых отсосов, расположенных у вертикальных кромок проемов, как правило, внутри установок. К одной из систем подключен отсос из тоннеля с выбросом воздуха в атмосферу, отсос перекрыт автоматическим клапаном, действующим от датчика газосигнализатора, контролирующего уровень концентраций в установке. Клапан должен открываться только в случаях, когда концентрации паров растворителя в установке достигают 50% нижнего предела взрываемости.

В исследованных установках выброс воздуха в атмосферу был всегда перекрыт. Концентрации в установке составляли 17—30 г/м^3. Повышение концентраций внутри тоннеля при прочих неизменных условиях вызывало существенное повышение загрязненности воздуха вокруг установки. Результаты испытания четырех производственных установок приведены в табл. 28. Из таблицы видно, что исследовались различные по размеру окрашиваемых изделий установки, имеющие проемы, соответствующие изделиям шириной 0,5—2,35 м при высоте 0,4—2,5 м

Количество воздуха, отсасываемого воздушными затворами, составляло 465—14 500 м^3/ч. Если отнести эти количества к площади проемов установок, то получится, что удельный расход воздуха на 1 м^2 проема для исследованных установок 950—4800 м^3/ч. Измерениями анемометром было установлено, что распределение количества воздуха по высоте щелевых воздухоприемников неравномерное и к концу воздуховодов уменьшается (рис. 61).

Скорости всасывания в плоскости расположения щелевых отсосов изменялись (при постоянной ширине щели) от максимальных у отверстий (1,0 м/с) до минимальных в центре проема на его вертикальной оси (0,2 м/с и ниже, т. е. меньше предела чувствительности анемометра).

Наблюдения, проведенные на Ростсельмаше, показали, что при действии всасывающих затворов к открытым проемам воздух всегда подсасывался (за исключением случаев периодического раздувания паров растворителей потоком воздуха, врывающегося в ворота) и пары растворителей в помещение из

Основные показатели, характеризующие работу установок окраски струйным обливом

Наименование завода	Воздушные затворы входного проема			Рециркуляционная система		Воздушные затворы входного проема			Концентрации сольвента в воздухе, мг/м³					
													В отсосах воздушных затворов	
	L, м³/ч	F, проема (ширина, высота), м²	$\frac{L, \text{м}^3/\text{ч на 1 м}^2}{v, \text{м/ч}}$	$\frac{L, \text{м}^3/\text{ч}}{v, \text{м/с}}$	$\frac{L, \text{м}^3/\text{ч на 1 м}^2}{v, \text{м/с}}$	L, м³/ч	F, м² проема	$\frac{L, \text{м}^3/\text{ч на 1 м}^2}{v, \text{м/с}}$	Входной проем	Зона облива	Выходной проем	На расстоянии 1 м от проема	входного	выходного
Тульский комбайновый завод	14 500	4,7 (2,35×2,0)	3200 / 0,86	5800 / 1,6	29 / 1,6	13 500	4,0	3400 / 0,94	20 10 10	17 000	110 — 330	Следы 30	2500 1000 1500	7200 3000 4000
Завод Ростсельмаш	4 600	0,96 (1,2×0,8)	4600 / 1,33	2000 / 0,7	30 / 0,7	3 850	0,96	3850 / 1,01	180 180 180 180	26 000	80 Следы 140 300	Следы 70	1500	1000
Ирбитский мотоциклетный завод	3 800	1,31 (0,9×1,45)	2900 / 0,8	430 / 0,3	8 / 0,3	5 670	1,17	4800 / 1,33	140 200	30 000	120 180	20 Следы 40 20	1500 1500	2000 1500
Опытный завод НИИДрева (г. Балабаново)	1 960	1,32 (0,5×2,5)	1045 / 2,1	—	—	2 480	1,21	1390 / 1,6	—	17 300	—	—	—	—

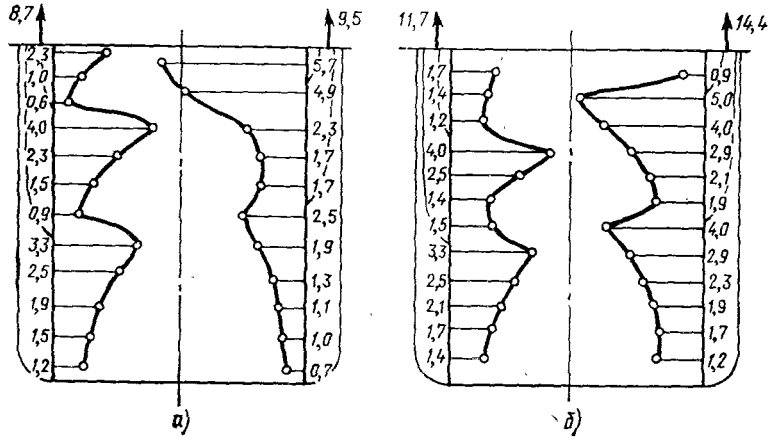


Рис. 61. Распределение скоростей в щелях воздушных затворов Ирбитского мотоциклетного завода:
а — завеса у входного тамбура; $L_{отсоса}$=3800 м³/ч; $v_{ср}$=2,5 м/с; *б* — завеса у выходного тамбура; $L_{отсоса}$=5670 м³/ч; $v_{ср}$=2,3 м/с

установок почти не проникали. Концентрации сольвента у входных проемов (в плоскости, отстоящей приблизительно на 50—70 мм от плоскости, проходящей через наружный край щелевого отсоса затворов) для большинства установок несколько превышали предельно допустимые и составляли 120—200 мг/м³.

Значительное превышение концентраций имело место лишь при резко пониженном по сравнению с другими установками удельном количество отсасываемого от затвора воздуха для одного из машиностроительных заводов. Однако уже на небольшом расстоянии (~1 м) от проемов концентрации были в пределах допустимых и значительно ниже их. При наблюдениях отмечалось, что на некоторых установках наивысшие концентрации были найдены вверху проема, а на некоторых — внизу.

У выходных проемов обнаруживались бо́льшие концентрации, чем у входных, что связано в основном с выносом растворителей на изделиях. Анализы, повторенные без изделий, показали, что в тех же точках концентрации были в несколько раз меньше, чем при изделиях. Так, в установке Тульского комбайнового завода при прохождении изделий концентрации возрастали в среднем в 5 раз.

При воздушных затворах нагнетательного действия наблюдалось значительное загрязнение воздуха у проемов и во всем помещении вследствие неизбежного подмешивания к струе завесы воздуха из тоннеля с частичным выбросом его в цех.

Рециркуляционные системы установок имели часовую производительность от 6- до 30-кратной, считая по внутреннему объему установки, при скоростях выпуска воздуха от 0,3 до 1,6 м/с.

Основные выводы, которые можно сделать на основании проведенных исследований, следующие.

Эффективная защита входного проема от выбивания паров растворителей может осуществляться применением воздушных затворов всасывающего действия с равномерным отсосом воздуха по высоте проема при одновременном автоматическом поддержании концентраций внутри тоннеля на уровне, не превышающем технологических регламентов (15—20 г/м³).

Выбивание паров растворителей возможно по всей высоте открытых проемов, преимущественно внизу. Воздушные затворы установки Тульского комбайнового завода можно считать вполне эффективными, способными предотвратить вынос паров растворителей в помещение. Удельное количество отсасываемого воздуха для этих затворов, отнесенное к условной высоте проема $h^{1/2}$ (считая за основную причину выбивания из установки гидростатический напор) в среднем составит (м³/ч)

$$\frac{1400}{4{,}4\sqrt{2}} \approx 2200.$$

Повышенная загрязненность воздуха в отдельных пробах у выходного проема, как уже говорилось, вызывается испарением растворителя со свежеокрашенных изделий, выходящих из установки. Предотвратить это загрязнение можно лишь устройством вентилируемого укрытия на участке между сушилкой и установкой. При работе рециркуляционных систем производительностью от 6 до 30 обменов в час и скорости воздуха у изделия 1,0 м/с обеспечивалось требуемое качество покрытий.

Исследования, выполненные на экспериментальной установке НПО «Лакокраспокрытие», позволили получить дополнительные данные, характеризующие работу установок струйного облива в отдельных режимах, и выявить значение особенностей устройства вентиляционных систем для их санитарно-технической эффективности.

В установке, общий вид которой показан на рис. 62, производили грунтовку ободьев колес велосипеда. Вентиляционные системы были выполнены таким образом, что представлялась возможность менять режимы их работы: в рециркуляционной системе был предусмотрен отсос из зоны облива и по длине тоннеля; раздача воздуха вверху и вдоль боковых стенок и др. с возможностью использования одного из вариантов. При исследованиях измеряли концентрации паров растворителя в установке, в открытых ее проемах и в воздухе, отсасываемом воздушными затворами с одновременным измерением количества вентиляционного воздуха и его распределения по отдель-

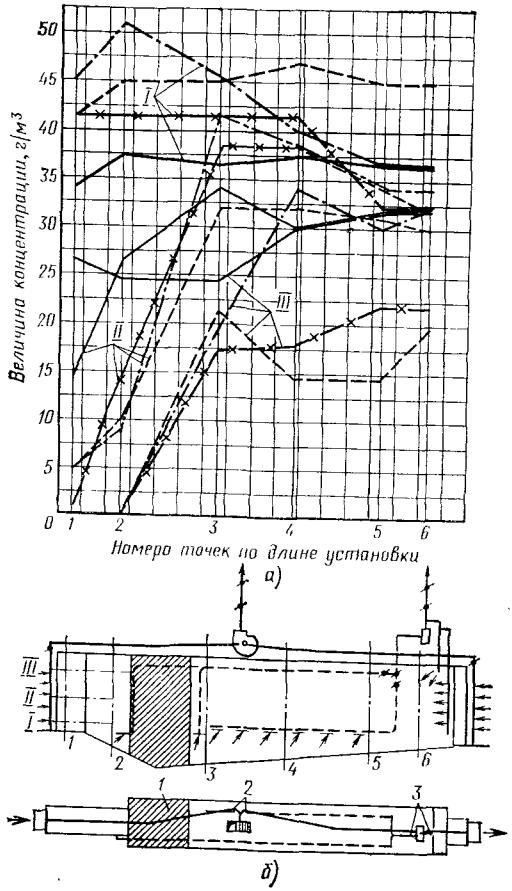


Рис. 62. Схема опытной установки окраски струйным обливом с графиком распределения концентраций по тоннелю:

а — график распределения концентраций растворителя внутри установки; *I* — в нижней зоне; *II* — в средней зоне; *III* — в верхней зоне; ———забор из зоны облива, подача к потолку, завесы работают; — · — · — · — забор по длине «парового» тоннеля, подача через вертикальный воздуховод; завесы работают; —*—*—*— забор из зоны облива, подача через вертикальные воздуховоды, завесы работают; — — — рециркуляция выключена, завесы работают; *б* — схема установки: *1* — зона облива; *2* — система вентиляции воздушных затворов; *3* — рециркуляционная система

ным участкам. Отбор проб воздуха из установки производили на трех уровнях по шести вертикальным осям. Первая ось проходила через входной тамбур, последняя — шестая — через выходной. Расположение точек отбора проб на схеме установки показано на рис. 62.

Первая серия опытов была проведена для трех вариантов работы рециркуляционной системы при неизменной работе воздушных затворов. Результаты замеров концентраций представлены графически на рис. 62, из которого видно, что при всех режимах максимальные концентрации располагались у пола установки — уровень *I* (эти концентрации в среднем в 2 раза больше, чем вверху); концентрации внизу оставались высокими по всей длине тоннеля, начиная от входного тамбура до выходного. Отмечается подскок концентраций во входном тамбуре и понижение их у выходного тамбура при равномерном заборе

рециркуляционного воздуха по длине парового тоннеля и раздаче его через вертикальные воздуховоды у выходного тамбура.

Концентрации в середине и вверху установки достигают максимума к концу зоны облива и сохраняются высокими до выходного тамбура. При заборе воздуха из зоны облива и подаче его у верха выходного тамбура концентрации в паровом тоннеле наиболее равномерные как по длине, так и по высоте установки. Бездействие рециркуляционной системы приводит к существенному понижению концентраций в верхней зоне. При бездействии воздушных затворов пары растворителя свободно выходили из установки в помещение, так что продолжать исследования становилось невозможным. Повышение концентраций внутри тоннеля сверх 25 г/м^3 вызывало сильное загрязнение воздуха в помещении, несмотря на работу воздушных затворов.

Таким образом, сравнение разичных способов подачи рециркуляционного воздуха (при одинаковом его заборе) показывает, что подача воздуха в верхнюю зону с направлением в сторону зоны облива и скоростью приблизительно 4 м/с обеспечивает наибольшую равномерность концентраций как по высоте, так и по длине парового тоннеля и наименьшие концентрации в выходном проеме, так же как и в отсосе воздушных затворов этого проема.

С целью выявления возможности уменьшения уноса растворителей с воздухом, удаляемым от воздушных затворов, в экспериментальной установке воздухоприемные короба были смонтированы на некотором расстоянии от входного и выходного проемов. Образующиеся щелевые зазоры могли перекрываться подвижными створками.

Результаты исследований концентраций при различных положениях створок показали, что открытие створок под углом 45° с оставлением между проемом и воздуховодами затворов щели, равной 70 мм (что составляет 15% ширины проема), не снижая эффективности воздушного затвора, позволяет более чем в 2 раза уменьшить унос растворителей в атмосферу.

При полностью открытых створках и величине щели 100 мм (25% ширины проема) унос растворителей в атмосферу сокращается в 4 раза, однако наблюдается повышенная загрязненность воздуха как в проеме, так и вблизи щелей.

Воздушные затворы надежно защищают помещение от загрязнения парами растворителей лишь при условии, когда концентрации в установке не превышают рекомендуемых технологическими режимами, а также когда воздухозаборные отверстия затворов доходят до самого низа проемов.

Исследование установок струйного облива на водоразбавляемых материалах. В последнее время в промышленности стали применять установки струйного облива на водоразбавляемых материлах. Исследовалась [10] эффективность вентиляции

трех таких установок на Волжском автомобильном заводе, предназначенных для грунтовки деталей и узлов автомобиля «Жигули». В применяемом австрийском грунте присутствует аммиак и из органических растворителей — бутилцеллозольв.

Каждая установка представляет собой проходной тоннель, имеющий уклон в сторону выходного проема, поднятый над уровнем пола на высоту около 2 м. Установки оборудованы системами воздушных затворов всасывающего действия на входном и выходном проемах и рециркуляционной системой с забором и подачей внутреннего воздуха равномерно вдоль тоннеля соответственно у пола и под потолком.

Исследования показали, что производительность рециркуляционных установок соответствует пяти-шестикратному воздухообмену в установке в час, при этом качество покрытия получается удовлетворительным. Производительность вентиляторов воздушных затворов обеспечивала отсос от 1 м² площади проема (при условной высоте 1 м) в пределах 550—1250 м³/ч. Полученные при этом концентрации бутилцеллозольва в проемах и в отсасываемом воздухе приведены в табл. 29.

Таблица 29

Содержание вредных выделений в проемах установок окраски струйным обливом на водоразбавляемых материалах

№ установки	Входной проем			Выходной проем		
	Удельное количество отсасывающего воздуха, м³/ч на 1 м²	Концентрация бутилцеллозольва, мг/м³		Удельное количество отсасываемого воздуха, м³/ч на 1 м²	Концентрация бутилцеллозольва, мг/м³	
		в проеме	в отсосе		в проеме	в отсосе
1	920	74	730	730	95	375
2	—	327	—	550	348	344
3	1250	69	576	1240	55	413

Из таблицы видно, что во всех случаях, когда количество отсасываемого от проемов воздуха составляет не менее 700 м³/ч на 1 м² (при условной высоте 1 м), концентрации бутилцеллозольва в проемах ниже ПДК. При понижении указанного количества воздуха до 550 м³/ч концентрации становятся выше ПДК почти в 2 раза. На этом основании можно рекомендовать в качестве расчетного принимать удельное количество отсасываемого от проемов воздуха 700—1000 м³/ч на 1 м² площади проема при условной его высоте 1 м. Необходимо в дальнейшем уточнить эту величину на основе исследований установок при использовании отечественных водоразбавляемых материалов.

Рекомендации по проектированию вентиляционных устройств в установках струйного облива или окунания с последующей выдержкой в парах растворителей [17]. На основании приведенных выше материалов могут быть даны следующие рекомендации по проектированию встроенных вентиляционных устройств. В установках следует предусматривать две самостоятельные системы вентиляции: рециркуляционную (предназначенную для поддержания заданных концентраций, одинаковых по длине и высоте парового туннеля) и систему воздушных затворов всасывающего действия у входного и выходного проемов.

Рециркуляционная система должна иметь всасывающую и нагнетательную линии, замкнутые по паровому туннелю. В системе необходимо предусматривать воздуховод для выброса воздуха в атмосферу, снабженный уплотненным специальным клапаном. Такой же клапан должен быть установлен в основном нагнетательном воздуховоде. Площадь сечения двух упомянутых воздуховодов должна быть одинаковая. Клапаны управляются датчиками газосигнализатора. При повышении концентраций в установке до 50% нижнего предела взрываемости клапан на воздуховоде, предназначенном для выброса в атмосферу воздуха, автоматически открывается, а на основном нагнетательном воздуховоде закрывается.

Воздухозаборные отверстия следует располагать внизу с обеих сторон зоны облива в одной из боковых стенок установки. Эти отверстия предусматриваются в двух боковых стенках, если ширина тоннеля превышает 2 м.

Подача рециркуляционного воздуха должна производиться в конце парового туннеля на расстоянии 0,5 м от тамбура с направлением внутрь установки.

В установках с небольшой высотой проема (до 1,5 м) предпочтительнее осуществлять подачу в верхнюю зону вдоль потолка со скоростями 4—6 м/с равномерно с обеих сторон конвейера. Воздуховод со щелевым выпуском вдоль потолка можно прокладывать с двух сторон конвейера.

При подаче воздуха через вертикальные воздуховоды его выпуск следует осуществлять равномерно по высоте установки со средней скоростью не более 1,5 м/с.

Количество рециркуляционного воздуха должно определяться исходя из 20-кратного обмена воздуха внутри установки, считая по ее внутреннему объему (от входного до выходного проемов). Воздуховоды рециркуляционной системы рекомендуется прокладывать внутри установки или их следует максимально герметизировать.

При указанной мощности рециркуляционной системы снижение концентраций внутри тоннеля до предельно допустимых при работе системы на выхлоп в атмосферу по ориентировочным подсчетам в установках, работающих на органических растворителях, будет достигаться приблизительно через

15—20 мин после прекращения подачи лакокрасочного материала.

Система воздушных затворов может быть общей для обоих проемов или самостоятельной. При длине установки свыше 10 м рекомендуется проектировать самостоятельные системы у каждого проема.

Воздушные затворы всасывающего действия необходимо устраивать в виде щелевых отсосов у вертикальных кромок проемов с равномерной вытяжкой по всей их высоте. Воздуховоды со щелями следует располагать вне установки на расстоянии, равном 5% ширины проема, но не менее 50 мм от кромок проема.

Проемы рекомендуется максимально закрывать. Места прохода конвейера с верхней частью подвески могут быть прикрыты разрезными гибкими шторками так же, как и бо́льшая часть входного проема.

Для уменьшения возможности вытекания загрязненного воздуха из установки сверху и снизу проемов снаружи установки следует предусматривать ограничивающие плоскости по ширине проема (вплотную к воздуховодам воздушных затворов) длиной не менее 0,5—1,0 м, при этом щелевые отсосы должны доходить до низа проема. При наличии сушильных камер участки от выходного проема до сушилок рекомендуется закрывать с разрывом в боковых стенках укрытия, равным 0,5—0,7 м, для обеспечения автономности работы агрегатов.

Количество отсасываемого воздуха для установок, работающих на органических растворителях, не содержащих ксилола, рекомендуется принимать равным 2000 м³/ч, а содержащих ксилол — 2800 м³/ч на 1 м² площади проема при высоте этого проема 1 м. Поправочный коэффициент на высоту проема вводится в виде $\sqrt{H}$. Таким образом, общее количество отсасываемого воздуха (м³/ч) от проема площадью F (м²) при высоте H (м) и отсутствии в растворителях кислола составит

$$L = 2000F\sqrt{H},$$

а при наличии ксилола

$$L_к = 2800F\sqrt{H}.$$

Для установок, работающих на водоразбавляемых материалах, количество отсасываемого воздуха следует принимать 1000 м³/ч на 1 м² площади проема при высоте 1 м.

При устройстве укрытия участка конвейера между установкой и сушилкой количество отсасываемого воздуха от затворов выходного проема уменьшается вдвое.

Скорости всасывания в щелевые отверстия могут приниматься равными 5—8 м/с. Равномерность распределения воздуха вдоль щелей рекомендуется обеспечить соответствующим вы-

бором соотношения площадей щели $\Sigma F_{щ}$ и сборного воздуховода $F_{сб}$, которое должно приниматься в пределах $\frac{\Sigma F_{щ}}{F_{сб}} = 0{,}5 \div 0{,}8$.

Помещение, в котором располагается установка, следует обеспечивать механическим (подогретым в холодное время) притоком воздуха, рассчитанным на возмещение выброса от воздушных затворов. Подача приточного воздуха должна быть такой, чтобы у проемов установки скорости приточных струй не превышали 0,3 м/с.

При расположении установки краскоподачи в приямке его необходимо оборудовать вентиляцией.

3. ВЕНТИЛЯЦИЯ УСТАНОВОК ОКРАСКИ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕМ

Установки окраски электроосаждением только начали применять на промышленных предприятиях Советского Союза. Всестороннее исследование их работы проводилось комплексной бригадой сотрудников НПО «Лакокраскопокрытие» и ВЦНИИОТ ВЦСПС. Результаты санитарно-технической части исследований приведены ниже.

Установка электроосаждения, применяемая на Волжском автомобильном заводе, итальянской фирмы «Olpi» (лицензия Дюрр, ФРГ) предназначена для нанесения первой грунтовки на поверхность кузова автомобиля «Жигули» (производительность 200—220 тыс. кузовов в год).

Габаритные размеры установки 100×5×6,5 м. Объем тоннеля, в котором расположена ванна электроосаждения, 20×5×4,5=500 м³. Площадь ванны 20×4,1=82 м².

Для грунтовочного покрытия кузовов применялась водоразбавляемая грунтовка ФЛ-093 красно-коричневого цвета, которая изготовляется на основе лицензии австрийской фирмы Штоллак (композиция связующего — резидрола; пигментной части и летучей части — диацетоновый спирт). Грунт выпускается в виде «кислой» пасты и поставляется в комплексе с нейтрализатором (триэтиламином), которым доводится вместе с водой до рабочей концентрации.

Тоннель ванны электроосаждения оборудован приточно-вытяжной вентиляцией.

Приточный воздух подается в верхнюю зону под потолком по всей длине ванны с двух ее сторон через воздуховод, имеющий 15 отверстий размерами 500×500 мм.

Общее количество подаваемого воздуха составляет 28 800 м³/ч. Удельный расход приточного воздуха на 1 м² тоннеля 60 м³/ч, на 1 м² ванны 500 м³/ч и на 1 м³ емкости ванны 260 м³/ч.

Вытяжка осуществляется из верхней зоны над ванной на высоте 0,7 м от потолка. Для этого поперек установки прило-

жены два воздуховода. Воздух удаляется через 8 отверстий размером 700×450 мм.

Общее количество воздуха, удаляемого из установки, составляет 24 500 м³/ч. При этом количество удаляемого воздуха составляет на 1 м² тоннеля 50 м³/ч, на 1 м² ванны 430 м³/ч и на 1 м³ емкости ванны 220 м³/ч.

Наблюдениями было установлено, что через входной проем (у мест навески электродов) воздух выходит со средней скоростью 0,67 м/с, а через выходной (у мест съема электродов) входит в установку со скоростью в среднем 0,85 м/с.

Количества воздуха, выходящего из установки и входящего в нее, практически равны и составляют 19 000 м³/ч.

Линия окраски электроосаждением обслуживается операторами-электромонтерами, навесчиками и съемщиками электродов.

В процессе работы установки рабочие могут подвергаться воздействию паров летучих веществ (триэтиламина и диацетонового спирта), выделяющихся из оборудования, а также за счет непосредственного контакта с лакокрасочными материалами.

Результаты исследований проб воздуха на содержание вредных выделений при работе установки (табл. 30) показали, что загрязнение вредными веществами воздушной среды происходит как внутри тоннеля, так и вблизи установки в рабочем помещении, но не в значительных количествах, не превышающих ПДК. Наибольшие концентрации найдены на участке приготовления рабочего состава грунта (особенно диацетонового спирта 35—175 мг/м³) и у канала с грунтовочными материалами от ванны электроосаждения (триэтиламина 3,6—17,3 мг/м³, диацетонового спирта 53 мг/м³).

Линия окраски электроосаждением для грунтовки кузовов легковых автомашин «Волга» и «Чайка» на Горьковском автозаводе была внедрена в 1969 г. Разработчик и поставщик оборудования для линии фирма Дюрр (ФРГ).

Кузова на подвесном конвейере проходят тоннель—укрытие ванны (находящейся на некотором расстоянии от продольных стенок тоннеля, объемом 120 м³) длиной 27,7 м, шириной 5,2 м, высотой 5,1 м.

Тоннель оборудован механической приточно-вытяжной вентиляцией. Приточный воздух подается в верхнюю зону из щели воздуховода, проложенного внутри тоннеля под потолком у продольной стены. Вытяжка осуществляется из нижней зоны через две щели воздуховода, проложенного снаружи у другой продольной стены тоннеля. Ширина щели 50 мм. Одна щель находится на уровне верхней кромки ванны, другая расположена на 350 мм ниже первой.

Количество воздуха, подаваемого в установку, равно 22 500 м³/ч. При этом удельный расход воздуха на 1 м³ ем-

Таблица 30

Содержание вредных выделений в воздушной среде при окраске методом электроосаждения

Места отбора проб	Концентрация веществ в воздухе, мг/м³					
	Триэтиламин			Диацетоновый спирт		
	мин.	макс.	средн.	мин.	макс.	средн.
Внутри туннеля над ванной электроосаждения	Н. О.	4,4	0,4	34	70	47,7
В сечении входного проема туннеля	Н. О.	Н. О.	Н. О.	Следы	34	18,8
В сечении выходного проема	Н. О.	Н. О.	Н. О.	17	18	17,5
Рабочее место, зона дыхания:						
у оператора, в операторной	Н. О.	4,4	2,2	35	25	—
у навесчиков электродов	Н. О.	Н. О.	Н. О.	Следы	10	5
у съемщиков электродов	Н. О.	Н. О.	Н. О.	Н. О.	Н. О.	Н. О.
В операторной, у пола над каналом с грунтовочными водами от ванны электроосаждения	3,6	17,3	10,7	53	53	—
На участке приготовления грунта:						
у бочки с грунтом во время перекачки его в смесительные баки	4,4	4,4	4,4	70	175	101,6
у щели крышки смесительного бака во время добавления в грунт триэтиламина	3,5	3,5	3,5	—	—	—
В зоне дыхания рабочего у смесительного бака во время смешивания грунта	Следы	4,4	2,0	35	105	78,7
ПДК	10			200*		

* ПДК временная.

Примечание. Н. О.—не обнаружено.

кости ванны составляет 187 м³/ч. Количество удаляемого воздуха соответственно составляет 13 600 и 114 м³/ч.

Измерение скоростей воздуха во входном проеме установки показали, что воздух выходит из установки со средней скоростью в правой части проема (считая по ходу конвейера) 0,81 м/с, в левой 0,15 м/с.

Исследования воздушной среды (во входном проеме тоннеля ванны электроосаждения, внутри тоннеля ванны над зеркалом

лакокрасочного материала) показали, что диацетоновый спирт не обнаружен, триэтиламина (во входном проеме тоннеля и над зеркалом лакокрасочного материала) найдено около 1 мг/м³, т. е. почти в 10 раз ниже ПДК, а на рабочих местах вредных выделений не обнаружено вовсе.

В помещении приготовления рабочего состава грунта у мест смешения и перекачки компонентов происходило значительное выделение триэтиламина в воздух в концентрациях, превышающих ПДК до 15 раз. Это явилось результатом негерметичности установок, перекачивающих исходные компоненты и выделения из люков емкостей с материалами.

На основании всех проведенных во ВЦНИИОТ исследований могут быть сделаны следующие выводы.

Всего институтом было исследовано восемь установок, из них одна лабораторная, остальные семь промышленные.

Шесть установок были оборудованы системой приточно-вытяжной механической вентиляции. На большинстве установок приток осуществлялся с потолка тоннеля вдоль ванны, вытяжка — над ванной через щелевые или квадратные отверстия.

При санитарно-технических исследованиях измерялись количества удаляемого и поступающего в тоннель ванны электроосаждения воздуха; определялось распределение скоростей в открытых проемах тоннеля ванны.

Для определения эффективности вентиляции пробы воздуха отбирались в проемах тоннеля ванны электроосаждения, над ванной, а также в отсосе. Пробы были отобраны для определения количества паров растворителей, испаряющихся с поверхности лакокрасочного материала, находящегося в ваннах и на свежеокрашенных изделиях.

Концентрация над ванной и в удаляемом воздухе сравнивалась с концентрациями, полученными расчетным путем сотрудниками физико-химической лаборатории ВЦНИИОТа.

Измеренные количества подаваемого и удаляемого воздуха практически равны и по установкам составляют от 5000 до 30 000 м³/ч. Воздухообмен по тоннелю находится в пределах 15—50-кратного. По проектам приток вдвое меньше вытяжки (табл. 31), а кратность составляет 40—60.

Если отнести количество воздуха к площади зеркала ванны, то получим, что удельные количества отсасываемого воздуха для исследованных установок фактически составляют 250—430 м³/ч на 1 м², при проектных 360—560 м³/ч на 1 м². Если отнести эти количества к объему ванны, то получим соответственно 100—220 м³/ч на 110—290 м³/ч на 1 м³ ванны.

При описанных системах вентиляции на основных рабочих постах (у пульта управления, вблизи входного проема и др.) содержание вредных веществ в воздухе было ничтожно мало.

Однако на местах приготовления рабочих составов красок отмечалось загрязнение триэтиламином воздушной среды в

Основные показатели, характеризующие работу установок окраски электроосаждением

Наименование завода	Ванна электроосаждения: Объем, м³	Ванна электроосаждения: Поверхность ванны (жидкости), м²	Объем тоннеля ванны электроосаждения, м³	Количество вентиляционного воздуха, м³/ч*: Приток	Количество вентиляционного воздуха, м³/ч*: Вытяжка	Удельное количество вентиляционного воздуха, м³/ч: Приток: на 1 м³ тоннеля	Приток: на 1 м² ванны	Приток: на 1 м³ ванны	Вытяжка: на 1 м³ тоннеля	Вытяжка: на 1 м² ванны	Вытяжка: на 1 м³ ванны	Концентрация вредных выделений (диацетоновой спирт, триэтиламин), мг/м³: во входном проеме тоннеля	в воздуховоде вытяжной системы	над поверхностью жидкости
ВАЗ	110	60	500	16 000 28 800	32 000 24 500	30 60	280 500	150 260	60 50	560 430	290 220	20** Н. О.	27 Н. О.	50 0,5
ВАЗ	30	20	260	— 5000	— 5000	— 20	— 250	— 170	— 20	— 250	— 170	8 Н. О.	—	25 Н. О.
ГАЗ	120	—	730	— 22 500	— 13 600	— 30	—	— 190	— 15	—	— 110	Н. О. Меньше 0,8	Н. О. Меньше 0,8	Н. О. 0,8
АЗЛК	100	50	320	— 13 000	—	— 40	— 260	— 130	—	—	—	20 Н. О.	18 Н. О.	50 0,60
АЗЛК (Тоннель 1)	270	80	680	15 000 22 200	30 000 27 300	20 30	180 270	60 80	40 40	360 330	110 100	—	—	—
АЗЛК (Тоннель 2)	270	80	680	15 000 27 400	30 000 27 800	20 40	180 330	60 100	40 40	360 350	110 100	30 Н. О.	115 Н. О.	—

* В числителе указаны проектные данные, в знаменателе—фактические данные.
** В числителе приведены концентрация диацетонового спирта, в знаменателе—концентрация триэтиламина.
Примечание. Н. О.—не обнаружено.

концентрациях, превышающих ПДК до 20 раз. Следует заметить, что участки приготовления составов и загрузки ни на одном заводе вентиляцией не оборудованы.

В проемах установок обнаружен диацетоновый спирт в пределах 0—31 мг/м³, а в отсасываемом воздухе 0—116 мг/м³, т. е. в концентрациях, значительно ниже предельно допустимых, которые принимаются как временные равными 200 мг/м³.

Пары триэтиламина обнаружены в очень незначительных количествах.

Приближенные расчеты количества выделяющихся путем испарения веществ, выполненные физико-химической лабораторией ВЦНИИОТ, дали практически сопоставимые результаты с измеренными.

По фактическим концентрациям в удаляемом воздухе было определено общее количество выделяющихся паров диацетонового спирта. Если это количество отнести к емкости ванны, то получим, что на 1 м³ ванны выделяется в среднем диацетонового спирта 9000 мг/м³. Это количество и следует принимать за расчетное для определения количества удаляемого воздуха, исходя из того, что в нем пары диацетонового спирта не должны превышать временных ПДК, т. е. 200 мг/м³. Проводить расчет, принимая во внимание только поверхность зеркала испарения ванны, было бы неправильно, так как испарение происходит здесь не только с поверхности ванны, но и со свежеокрашенных изделий, выходяших из ванны. Таким образом, расчетное количество отсасываемого воздуха должно составлять $\frac{9000}{200} =$ $=45$ м³/ч; с округлением принимаем 50 м³/ч на 1 м³ емкости ванны.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

В установках окраски электроосаждением процесс автоматизирован. Изделия окрашиваются без непосредственного участия человека.

Работа оператора заключается в основном в наблюдении и управлении технологическим процессом и может быть отнесена к категории легких.

Применяемые для грунтовки электроосаждением лакокрасочные материалы в своем составе содержат небольшое количество мало и умеренно опасных веществ (диацетоновый спирт, триэтиламин и др.). Вредное воздействие их на работающих возможно. Они могут поступать в воздух укрытий с поверхности раствора, находящегося в ванне, и со свежеокрашенных изделий, а также из открытых емкостей с лакокрасочными составами.

При существующей в тоннеле приточно-вытяжной механической вентиляции и относительных расходах вентиляционного воздуха более 100 м³/ч на 1 м³ емкости ванны концентрации

вредных выделений на местах рабочих, обслуживающих ванну, значительно ниже предельно допустимых. Концентрации вредных выделений на рабочих местах приготовления и заливки составов, не оборудованных вентиляционными устройствами, как правило, превышают ПДК.

На основании изложенного могут быть даны следующие рекомендации по осуществлению вентиляции установок окраски электроосаждением [17].

Установки должны быть оборудованы механической приточно-вытяжной вентиляцией. Вытяжка должна осуществляться через односторонний щелевой отсос вдоль ванны на высоте приблизительно 0,3—0,5 м от борта ванны. Приточный воздух должен подаваться с противоположной стороны в верхнюю зону очищенным от пыли и подогретым до температуры помещения (рис. 63).

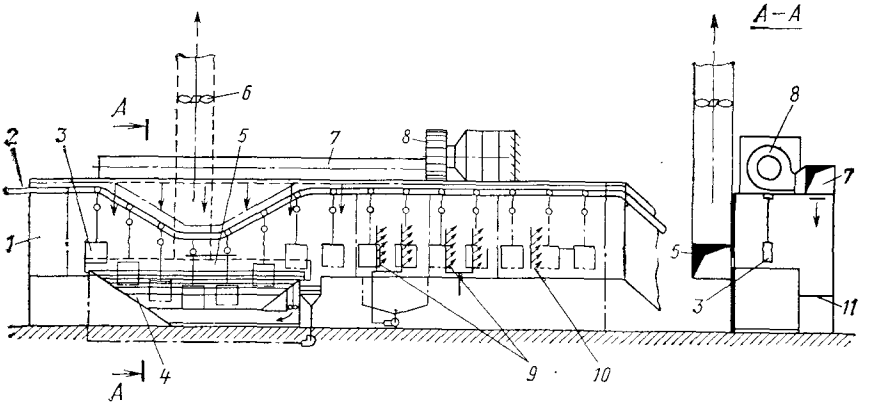


Рис. 63. Схема установки окраски электроосаждением:

1 — входной тамбур; *2* — конвейер; *3* — изделие; *4* — окрасочная ванна; *5* — воздухоприемник щелевой; *6* — вытяжной вентилятор; *7* — приточный короб; *8* — приточный вентилятор; *9* — промывные контуры; *10* — обдувочный контур; *11* — площадка для обслуживания установки

Количество отсасываемого воздуха определяется исходя из его удельного расхода, 50 м³/ч на 1 м² емкости ванны электроосаждения. Количество приточного воздуха должно составлять 75% от вытяжного.

Скорость воздуха в воздухозаборной щели можно принять около 2 м/с. Скорость в приточных отверстиях не должна превышать 2 м/с.

Участки подготовки и загрузки лакокрасочных материалов должны быть оборудованы местными отсосами шкафного типа. Расчетная скорость всасывания в открытом проеме шкафа должна составлять 1,3 м/с.

Помещение, где располагается установка электроосаждения, должно быть оборудовано приточной механической вентиляцией, рассчитанной на возмещение недостающего объема притока

воздуха по сравнению с вытяжкой из установки. Воздух должен подаваться выше рабочей зоны помещения.

В заключении рассмотрим коротко вопрос о нанесении порошковых полимерных материалов, которые получили широкое распространение за рубежом и начинают применяться у нас в стране. В связи с тем, однако, что в СССР в настоящее время еще не налажен выпуск порошковых материалов и не разработаны промышленная технология и оборудование для их нанесения, приведем лишь общую характеристику метода автоматизированного нанесения порошков в электрическом поле на основании анализа зарубежной литературы и исследований лабораторных установок.

Метод аналогичен методу электроокраски, только в данном случае вместо вязкой жидкости на изделие напыляется порошковый материал. Частицы, получившие в распылителе отрицательный заряд, движутся к заземленному изделию и оседают на нем, а затем проходят отверждение в специальной печи.

Основными достоинствами данного метода, делающими его перспективным, являются незначительные потери материала, сокращение цикла окрасочных работ и уменьшение степени загрязненности окружающего воздуха. Процесс напыления производится в камере, откуда не осевший на изделии порошок направляется в рекуператор и возвращается в систему напыления. Вся установка состоит из камеры напыления, рекуперационной системы, питающего устройства, источника высокого напряжения (рис. 64).

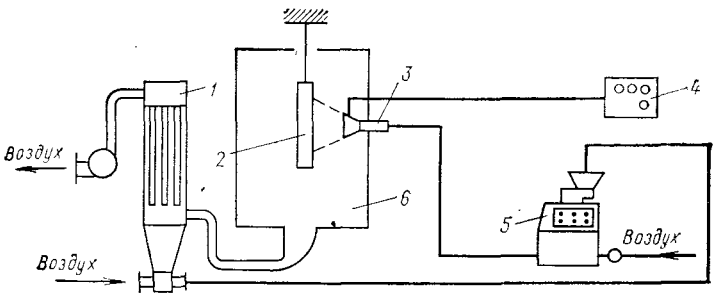


Рис. 64. Схема установки для напыления порошковых материалов в электрическом поле:

1 — система рекуперации; *2* — изделие; *3* — распылитель; *4* — источник высокого напряжения; *5* — порошковый питатель; *6* — камер напыления

Основная опасность при нанесении порошковых красок, поскольку они почти все являются горючими мелкодисперсными материалами, состоит в возможности возникновения пожара и взрыва. Вредным производственным фактором процесса является также повышенная запыленность и загазованность ра-

бочей зоны частицами порошковой краски и продуктами термического разложения полимеров при отверждении покрытий.

Общими мерами защиты от вредных факторов должны быть рациональная организация технологического процесса (применение механизированных и закрытых способов загрузки, выгрузки и транспортировки порошковых материалов, герметизация оборудования) и соответствующая вентиляция.

Для предотвращения выхода вредных выделений за пределы окрасочных камер в них необходимо поддерживать разрежение. Скорость всасывания в рабочих проемах камер нанесения порошковых красок должна быть не менее 0,5 м/с. Удаление загрязненного воздуха следует осуществлять из нижней части камеры через щелевидное отверстие. При этом должна предусматриваться очистка воздуха от пыли перед выбросом его в атмосферу. В системе местных отсосов следует предусматривать меры для предотвращения отложения порошка в воздуховодах [8].

Установки должны быть оборудованы блокировкой, отключающей подачу порошковых материалов при выключении вытяжки из камеры.

Глава 8. ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ ОКРАСКЕ ВАГОНОВ

1. ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ ОКРАСКЕ НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВАГОНОВ

Окраска вагонов на вагоностроительных заводах обычно производится на поточных линиях сборочного цеха.

Сборочные цехи высотой 10—12 м оборудованы глухими световыми фонарями. Длина цехов 300—400 м, ширина различная, рассчитанная на размещение одной, двух, трех и более поточных линий сборки вагонов.

Поставленный на рельсовый путь поточной линии кузов вагона после ряда подготовительных и промежуточных операций (очистки, обезжиривания, шпатлевки, шлифовки и т. д.) грунтуется. После повторных шпатлевок и шлифовок на наружную поверхность кузова наносится методом распыления трехслойное лакокрасочное покрытие.

Для того чтобы было удобно окрашивать кузов по высоте, устанавливают откидные стеллажи или тележки облегченной конструкции с площадками, установленными на разных высотах. Тележки передвигаются по специальному двухколейному рельсовому пути и третьему направляющему рельсу, проложенному вдоль вагона на высоте 4 м от пола. При окраске поверхности крыши маляр стоит на самой крыше. Окраску производят два или три маляра.

Для окраски вагонов применяют преимущественно пентафталевые эмали различных марок (ПФ-65, ПФ-115 и др.) с разведением их до рабочей вязкости сольвентом, уайт-спиритом и скипидаром.

Концентрации вредных выделений в воздухе на рабочих местах при окраске вагонов ручными краскораспылителями едва ли не самые высокие из всех, встречающихся на промышленных предприятиях.

Уровень загрязнения воздушной среды при окраске вагонов как снаружи, так и изнутри характеризуют данные, приведенные в табл. 32.

Как видно из таблицы, применение безвоздушного распыления вместо пневматического снижает загрязненность воздуха, особенно красочной пылью, почти в 2 раза, однако по абсолютному значению она остается высокой — в 5 раз выше ПДК.

Таблица 32

одержание вредных веществ в воздухе на рабочих местах при окраске вагонов

Места и условия отбора проб	Метод окраски	Концентрация вредных веществ, мг/м³		
		Красочная пыль	Ксилол	Уайт-спирит
Калининский вагоностроительный завод				
Наружная окраска	Пневматический	96	—	—
Наружная грунтовка		48	—	—
Рижский вагоноремонтный завод				
Наружная окраска	Пневматический	50	70	160
	Безвоздушное распыление	27	44	Следы
Внутренняя окраска	Пневматический	220	280	1500
	Безвоздушное распыление	85	165	50
		97	480	220
ПДК	—	5	50	300

Создание благоприятных условий труда при пульверизационной окраске путем устройства общеобменной вентиляции не достигается. Устройство же эффективной местной вентиляции, способной обеспечить удовлетворительные условия труда маляров при пульверизационной окраске изделий крупного габарита, является сложной проблемой.

По имеющимся у автора сведениям, на наших промышленных предприятиях отсутствуют бесперебойно действующие эффективные вентиляционные установки при ручной пневматической окраске вагонов. Были предприняты попытки решить эту проблему как у нас, так и за рубежом. Исследования проводились по следующим направлениям:

1) локализация вредных выделений у места их образования путем помещения краскораспылительной головки в мундштук с отсосом воздуха;

2) устройство вентилируемых камер, в которых помещается весь вагон;

3) применение воздушной завесы вдоль стенок вагона с направлением струй воздуха сверху вниз с отсосом через напольные решетки;

4) создание вентиляционных установок, работающих по принципу вентилирования ограниченного, окрашиваемого в данный момент участка изделия. Наиболее удачным решением можно считать последнее. Отмечая недостатки первых трех решений, можно проиллюстрировать их следующими примерами.

В вагоноремонтных мастерских ГДР, являющихся по существу крупнейшим вагонным заводом, была испробована установка, улавливающая красочный туман непосредственно у пистолета. Так как эта идея неоднократно возникала и возникает у наших специалистов, то ознакомление с опытом применения упомянутой установки является полезным.

Принцип работы устройства заключался в том, что пульверизатор помещался в мундштук с отсосом от него воздуха через гибкий шланг $d = 150$ мм. Вентилятор для отсоса воздуха монтировался на подвижной рабочей тележке. Выхлоп воздуха производился в специальную неподвижно закрепленную трубу со шлицами, а из нее с помощью другого вентилятора выбрасывался в атмосферу.

Хотя пульверизатор и вытяжное устройство были хорошо уравновешены, перегиб шлангов при перемещении пульверизатора вверх и вниз вызывал повышенную утомляемость рабочих, вследствие чего они не хотели пользоваться отсасывающим патрубком и предпочитали работать без вентиляции.

После многочисленных попыток усовершенствований, которые не дали положительных результатов, было решено прекратить разработку конструкции такого типа.

Окраска в камерах, особенно таких крупногабаритных изделий как, например, цельнометаллические пассажирские вагоны, создает большие неудобства в работе (стесненность, недостаточное освещение); требует наличия больших производственных площадей, так как расстояние между стенками камеры и вагона должно быть не менее 1,2 м. В то же время даже при весьма больших расходах вентиляционного воздуха обеспечить необходимую чистоту воздуха на рабочих местах в камерах весьма затруднительно из-за легко образующихся в них вихревых потоков и циркуляционных зон. Поэтому даже на крупнейших вагоностроительных и ремонтных заводах окрасочные камеры не применяются (Калининский вагоностроительный завод, Рижский вагоноремонтный и др.).

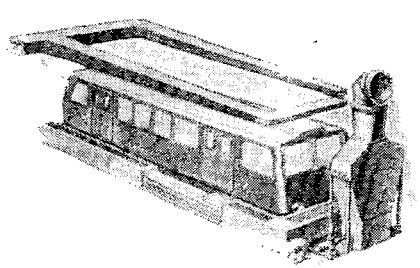


Рис. 65. Вентиляционная установка для окраски вагона с использованием воздушной завесы

Вентиляционная система, выполненная по принципу воздушной завесы на одном из московских заводов (рис. 65), не стала эффективной прежде всего потому, что не было достигнуто равномерное распределение приточного воздуха по периметру вагона с перпендикулярным направлением струй, что является весьма сложной задачей. Равномерная воздухораздача при воздуховодах большой протяженности требует громоздких устройств и приспособлений. Вытяжные воздуховоды, проложенные по полу, должны быть рассчитаны на удаление значительного количества воздуха с учетом многократного возрастания размера приточной струи в поперечном сечении и подсосов воздуха из помещения. Кроме того, предварительно должна быть проверена возможность использования воздушной струи, имеющей относительно большую скорость (2—3 м/с), в зоне окраски непосредственно у окрашиваемой поверхности, не будет ли такая струя способствовать чрезмерной потере лакокрасочного материала, вызывать охлаждение руки рабочего, а также образование вихревых зон при ударе о краскораспылитель или руку и т. д.

Вентиляционные установки, работающие по принципу вентилирования ограниченно окрашиваемого в данный момент участка изделия, рассмотрим подробнее.

Принцип работы такой установки состоит в том, что вентиляция для окраски всего изделия с большими габаритами заменяется локальной вентиляцией участка, в 10—20 раз меньшего, чем вся площадь изделия, подлежащая окраске. Естественно, что в этом случае оздоровительный эффект может быть достигнут при относительно небольших расходах вентиляционного воздуха и установка сможет обеспечить максимальное улавливание и удаление вредных выделений непосредственно с рабочего места пульверизаторщика.

Особенностью таких установок является необходимость обязательного перемещения установки относительно изделия или изделия относительно установки.

Перемещение вытяжной вентиляционной установки весьма осложняет ее устройство, так как при этом возникает необходимость выбрасывать удаляемый воздух в атмосферу в любом месте по всей длине пути перемещения установки.

Устройства воздухоприемников, рассчитанных на перемещение выхлопной шахты, не только сложны конструктивно, но и ненадежны в эксплуатации.

Напротив, перемещение вагонов (тепловозов, электровозов) во время окраски на своем ходу по конвейеру не представляет больших трудностей. Однако такое перемещение обычно связано с потерей одного вагонометра, что при дефиците производственных площадей является весьма существенным.

В качестве примера приведем стационарную установку вагоноремонтных мастерских «Ланди» (Франция) для окраски ва-

гонов при их передвижении [46]. Эта установка имеет вид сдвоенных арок, под которыми проходят вагоны (рис. 66). Эти арки образуются четырьмя вытяжными шахтами (по две с каждой стороны) и зонтами, расположенными над вагоном, предназначенными для отсоса воздуха при окраске крыши. Между двумя шахтами вдоль вагона расположены в три этажа закрытые рабочие площадки. При окраске боковой поверхности воздух забирается через отверстия в шахтах, обращенных к вагонам, и отводится в атмосферу шестью осевыми вентиляторами (четыре от вертикальных шахт и два от зонтов). С подвижного мостика, расположенного между двумя зонтами, производится окраска крыши и торцовых стенок вагона.

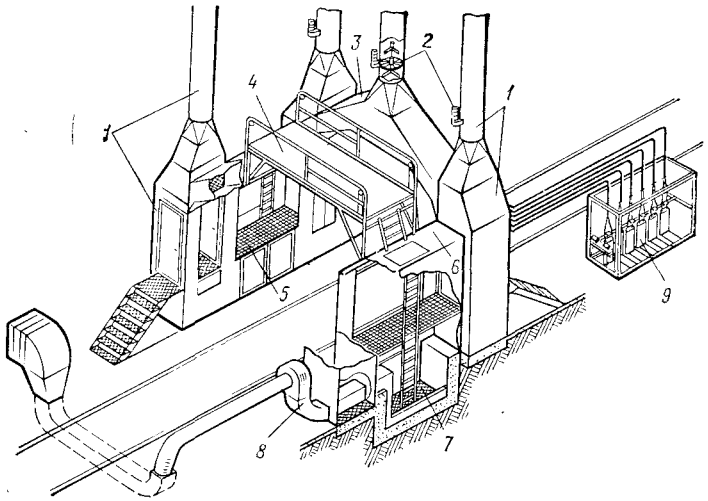


Рис. 66. Вентиляционная установка для местного удаления воздуха при окраске вагонов:

1 — вытяжные шахты; *2* — вентиляторы с моторами; *3* — зонты для отсоса от крыши; *4—7* — рабочие места; *8* — установка для подачи сжатого воздуха; *9* — бачки для красок

В рабочие кабины центробежными вентиляторами подается подогретый и очищенный от пыли воздух.

Установка, действующая по тому же принципу, построена и работает по предложению ВЦНИИОТ на Калининском вагоностроительном заводе с 1955 г. На рис. 67 показана схема, установки, представляющей собой две вытяжные шахты *1*, соединенные сверху воздуховодом *2*, отсасывающих воздух от крыши. Когда вагон останавливается напротив шахт, между стенкой вагона и шахтами образуется щель размером прибли-

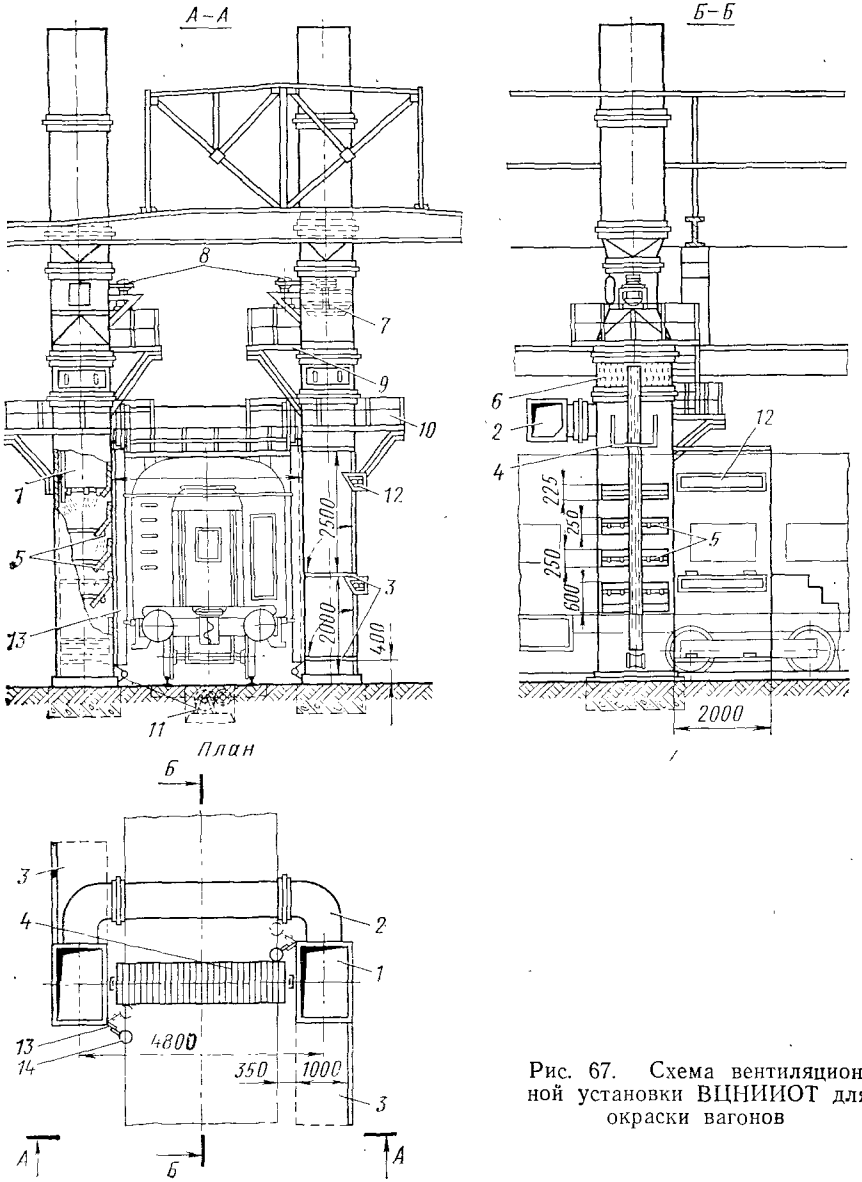


Рис. 67. Схема вентиляционной установки ВЦНИИОТ для окраски вагонов

зительно 350 мм, через которую засасывается воздух из цеха. С одной стороны каждой шахты расположены рабочие площадки *3*, по две откидные площадки (одна над другой), с которых производится окраска боковой поверхности вагона. Принцип действия установки заключается в том, что засасываемый в ще-

ли воздух, проходя через рабочие площадки, захватывает красочный туман и отводит его через вытяжные шахты наружу.

Высота расположения рабочих площадок 0,4 и 2,0 м от пола. Рабочие площадки размещены с одной стороны шахты таким образом, чтобы окраска всегда производилась правой рукой, находящейся со стороны вытяжной щели. В этом случае возможность попадания в цех красочной пыли будет наименьшей. Задняя стенка, ограждающая рабочие площадки, делается глухой. Для окраски торцов и крыши устроена подъемная рабочая площадка *4*.

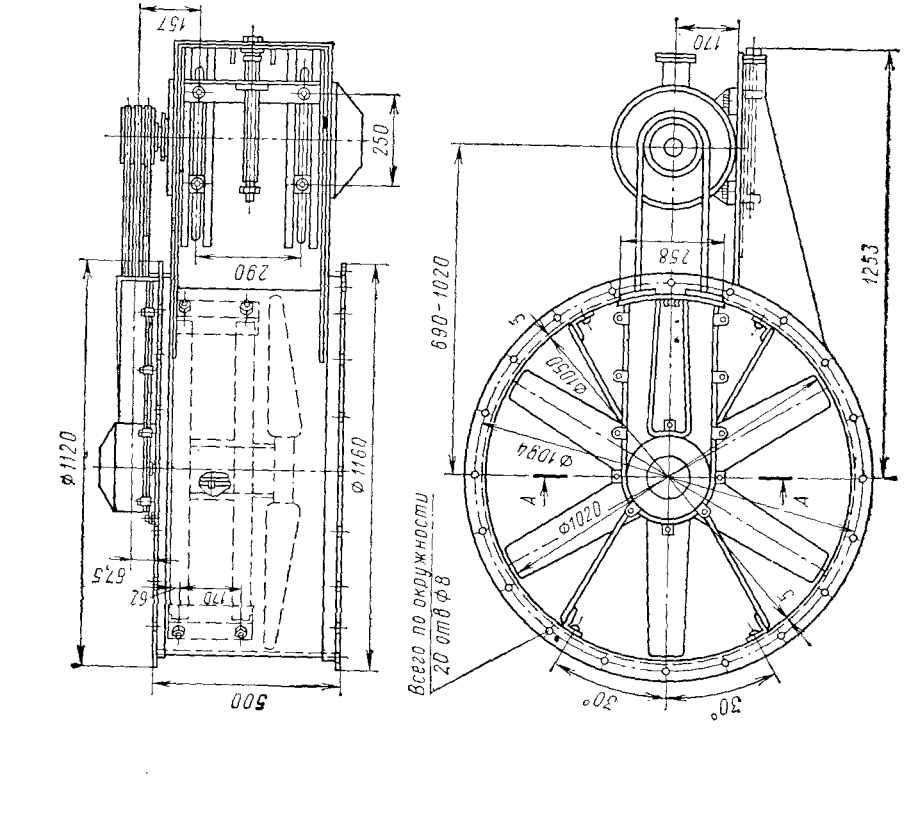
Отсасываемый воздух при входе в шахту промывается водой, распыливаемой форсунками *5*, после чего для отделения капельной влаги проходит через сепаратор *6*.

Очищенный от красочного тумана воздух выбрасывается в атмосферу двумя шестилопастными вентиляторами *7* специального изготовления (рис. 68) с алюминиевым рабочим колесом, установленным на вертикальной оси в шахтах за сепараторами. Электродвигатель *8* (см. рис. 67) взрывобезопасного исполнения вынесен за пределы воздуховода. Обслуживание моторов и вентиляторов производится с площадок *9*, обслуживание сепаратора с площадок *10*. Подъемная площадка для окраски крыши перемещается по направляющим швеллерам с помощью электролебедки *11*. На рабочих местах предусмотрено специальное освещение *12*.

Чтобы уменьшить подсосы воздуха в шахту со стороны, противоположной рабочим местам, устраивают закрылки *13* на петлях, которые поддерживаются в соответствующем положении с помощью роликов *14*. Когда щель между стенкой вагона и шахтой становится значительной, ролик *14* ставит закрылок в положение, близкое к перпендикулярному к оси вагона. При уменьшении щели ролик прижимает закрылок к шахте. Ролик перемещается по раме тележки кузова вагона.

Расчетные количества отсасываемого воздуха определялись приближенно исходя из условия создания скорости на рабочем месте при окраске боковой поверхности 1,0 м/с. Количество воздуха, отсасываемого от рабочего места при окраске крыши, определялось по скорости, равной 2 м/с, на площади окрашиваемого участка крыши $3{,}0 \times 1{,}0 = 3$ м^2. Общее количество воздуха, подлежащего отсосу от двух шахт, с учетом подсосов, составляет приблизительно 70 000 м^3/ч. Производительность одного вентилятора 35 000 м^3/ч при развиваемом давлении 25 кг/м^2 и числе оборотов вентилятора $n = 1250$ об/мин. Расчетная мощность электродвигателя 6,5 кВ.

В процессе эксплуатации установки в производственных условиях было выявлено, что установка является эффективной [29]. Красочный туман, сопровождающий пульверизационную окраску вагона, захватывается у места его образования отсасываемым воздухом, отводится в сторону от рабочего и, прой-



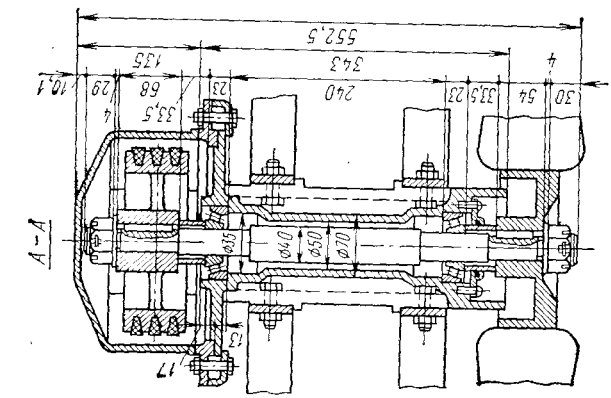


Рис. 68. Осевой вентилятор $d = 1020$ мм

дя водяную промывку, выбрасывается через шахты в атмосферу. Зона дыхания маляра почти не загрязняется красочной пылью и летучими составляющими краски. Лицо маляра после окраски остается чистым, в то время как раньше у маляра, не защищенного респиратором или маской, после окончания работы лицо (особенно около носа и рта) было покрыто слоем краски. Также не происходит загрязнения красочным туманом проходов и участков помещения вблизи места окраски.

Анализы воздуха показали, что концентрации красочной пыли на рабочем месте маляра ниже предельно допустимых.

Несмотря на достоинства установки ее нельзя считать образцовой и рекомендовать к широкому внедрению, так как организация производства вагонов обусловливает строго фиксированные позиции в технологическом потоке, но не в производственном помещении. Благодаря техническому прогрессу процесс производства ускоряется и позиции проведения отдельных операций смещаются. Вследствие этого стационарные вентиляционные установки быстро оказываются вне позиций окракси.

В качестве рационального вентиляционного решения при наружной ручной окраске вагонов в настоящее время можно рекомендовать отсос воздуха через напольные решетки вдоль рельсового пути с обеих сторон вагона. Решетки на всем протяжении каналов перекрываются клапанами. Для окраски используют передвижную подъемную площадку, колеса которой открывают секции решеток, находящихся под площадкой. Решетчатый пол площадки должен свободно пропускать воздух. Площадка имеет глухие боковые и задние стенки высотой от пола цеха до 2 м над уровнем площадки (рис. 69).

Между боковыми стенками и вагоном предусматривается зазор приблизительно 150 мм.

Воздух, удаляемый через подпольные каналы, просасывается через рабочую площадку маляра сверху вниз, унося с собой

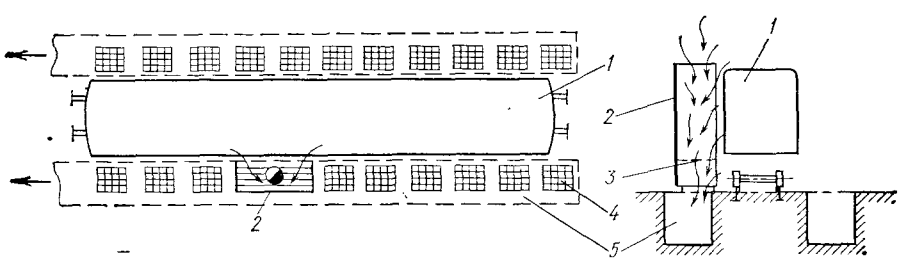


Рис. 69. Принципиальная схема вентиляции для наружной окраски вагонов с вентилируемой подвижной рабочей площадкой:

1 — вагон; *2* — подвижная рабочая кабина; *3* — решетчатая подъемная рабочая площадка; *4* — напольная решетка; *5* — вытяжные каналы

сопровождающие окраску вредные выделения. Расчетное количество вентиляционного воздуха должно определяться по скорости прохода его через рабочее место маляра $v=0{,}8\div1{,}0$ м/с. Принимая площадь рабочей площадки равной $2{,}0\times1{,}2$ м, количество вентиляционного воздуха составит на одно рабочее место, учитывая подсосы воздуха, приблизительно равные 10 000 м³/ч. Общее количество вентиляционного воздуха должно определяться из расчета разбавления растворителей, испаряющихся со свежеокрашенной поверхности вагона, до предельно допустимых концентраций. Подсосы на неплотное перекрывание каналов следует принимать в размере 500—600%.

Как отмечалось выше, все предлагаемые вентиляционные устройства, особенно при окраске вагонов, следует рассматривать как дополнение к рациональной организации окраски: применение централизованной краскоподачи; безвоздушного распыления вместо пневматического и др.

Радикальное оздоровление условий труда может быть достигнуто путем полной автоматизации процесса окраски вагонов.

2. ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ ВНУТРЕННЕЙ ОКРАСКЕ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

Комплекс внутренних малярных работ состоит из подготовки поверхности вагона, ее шпатлевки, грунтовки, шлифовки и окраски. Все эти операции выполняются вручную, при этом используют пентафталевые эмали и лаки (ПФ-115, лак № 170) и глифталевые грунтовки (ГФ-120, ФЛ-03-К) и др. Основными растворителями являются толуол, ксилол, сольвент, уайт-спирит и др. Лакокрасочные покрытия наносятся кистями.

В связи с малым внутренним объемом при относительно большой окрашиваемой поверхности вагонов (особенно купированных) воздух при малярных работах сильно загрязняется летучими составляющими применяемых материалов. Особенно тяжелые условия труда создаются в теплый период года, при повышенных температурах воздуха, которые способствуют быстрому испарению растворителей.

Для создания удовлетворительных условий труда в процессе проведения внутренних малярных работ в ЦНИИ МПС разработана специальная вентиляционная установка [42]. Установка (рис. 70) состоит из вытяжного вентилятора, расположенного в цехе вблизи позиции окраски (на колонне или специальной площадке) и воздуховодов: выбрасывающего воздух в атмосферу и всасывающего, который заканчивается гибким воздухоприемником с прижимным устройством, позволяющим обеспечить плотное присоединение воздуховода к оконному проему вагона.

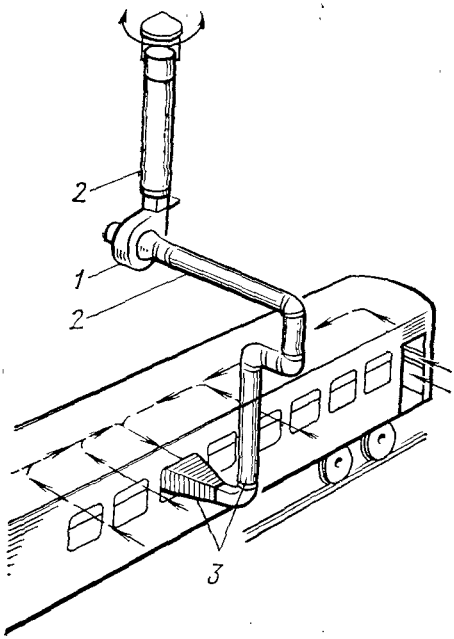


Рис. 70. Схема установки ЦНИИ МПС для вентиляции пассажирских вагонов при внутренней окраске:
1 — вентилятор; *2* — стационарный воздуховод; *3* — подвижное воздухоприемное устройство

Воздух отсасывается через оконный проем среднего купе вагона, дверь которого должна быть открыта. Интенсивное проветривание окрашиваемых купе достигается открыванием дверей и окон, через которые подсасывается чистый воздух из помещения тех купе, в которых не проводится окраска. При окраске коридора открывают входные двери вагона и создают воздушные потоки в направлении от его концов к середине. Принцип работы установки поясняется рис. 71.

Воздухоприемник подсоединяют к одному среднему окну вагона на весь период его внутренней окраски. Установка может быть подсоединена к вагону с любой из его сторон (как со стороны коридора, так и со сто-

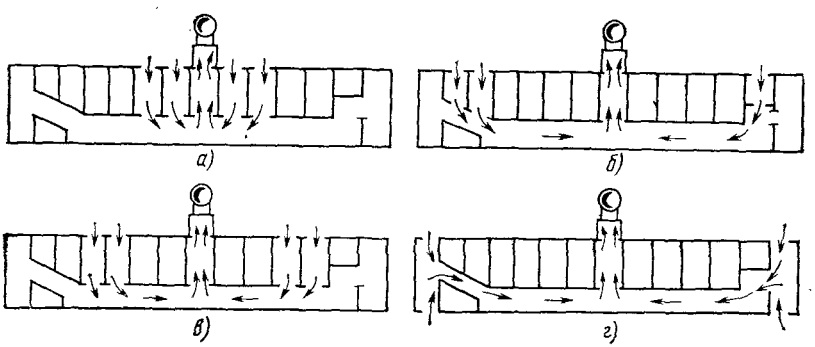


Рис. 71. Различные варианты проветривания окрашиваемого вагона:
а — при окраске купе в средней части вагона; *б* — при окраске концевых купе; *в* — при окраске промежуточных купе; *г* — при окраске коридора и тамбуров

роны купе). При переходе маляров из купе в купе вновь подсоединять воздухоприемник не требуется. Воздухоприемник

представляет собой вертикально расположенный прижимной щит, окантованный по периметру уплотнением из резины, паралона и т. п. В верхней части щита имеется воздухоприемное отверстие, края которого гибкой воздухонепроницаемой вставкой соединяются с коленом стационарного воздуховода, имеющего на вертикальном участке также гибкую вставку. Экспериментальным путем установлено, что достаточное проветривание купе обеспечивается при протягивании, то в соответствии с правилами ремонта). Подсосы воздуха в дефлекторы и вентиляционный канал 1500 м³/ч. Общее количество отсоса составляет $1200 \times 4 + 1500 = 6300$ м³/ч. Однако принимая во внимание непредусмотренные подсосы, производительность установки принята равной 10 000 м³/ч.

Глава 9. ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ ОКРАСКЕ САМОЛЕТОВ

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЗДУХООБМЕНА

Достижение благоприятных условий труда при окраске самолетов и, в частности, обеспечение требуемой чистоты воздуха на рабочих местах маляров является наиболее сложной из всех задач, стоящих перед промышленной вентиляцией. Это обусловлено огромными габаритами изделий (современные самолеты имеют длину 40—50 м при размахе крыльев 35—50 м) с неоднородным профилем; применением лакокрасочных составов, содержащих высокий процент растворителей (до 90% в готовых к употреблению материалах), из которых основное количество составляют ароматические углеводороды; повышенными требованиями к качеству и стойкости покрытия, вызывающими необходимость использования наименее благоприятного в санитарно-гигиеническом отношении способа покрытия ручного пневматического распыления и применения особо токсичных полиуретановых лакокрасочных материалов.

Многослойные покрытия наносятся как на наружные, так и на внутренние поверхности самолета. Для проведения наружных окрасочных работ на крупных самолетах типа ТУ-104, ИЛ-18 используют двухэтажные рабочие площадки (доки) как подвижные (обычно хвостовые секции), так и стационарные. Размеры ангара даже на один самолет составляют 60×70 м при высоте 12—15 м.

Для окраски используют перхлорвиниловые лакокрасочные материалы (эмаль ХВ-124, ХВ-130 и т. п.)., а также полиакриловые лакокрасочные материалы (эмаль АС-554, АК-192 и т. п.) с разведением их растворителем Р-5, Р-4, ксилолом, сольвентом. Изучение опыта устройства вентиляции в ангарах для окраски самолетов показало, что на наших предприятиях при ремонте самолетов не устраивается никакой специальной вентиляции, кроме упрощенных установок для отсоса воздуха из фюзеляжа при внутренней его окраске.

На самолетостроительных заводах устраивается общеобменная вентиляция, выполненная, как правило, по схеме «сверху—

вниз», в основном с рассеянной подачей воздуха в верхнюю зону и удалением его через напольные решетки равномерно по всей площади (рис. 72). Создающийся в ангарах воздухообмен лежит в пределах 3,5—6,5-кратных и достигают в некоторых случаях 10-кратного. Исследованиями, проведенными в прежние годы, было установлено, что концентрации паров растворителей в рабочей зоне маляров иногда превышают предельно допустимые.

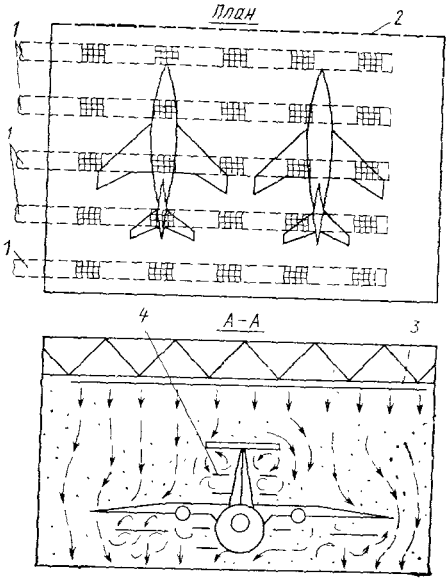


Рис. 72. Распространенная схема вентиляции малярного ангара:
1 — вытяжные воздуховоды с напольными решетками; *2* — ворота; *3* — приточные воздуховоды; *4* — рабочие площадки

Результаты производственных исследований эффективности вентиляции ряда малярных ангаров показывают, что, несмотря на сложные, дорогостоящие системы вентиляции с многочисленными вентиляторами большой мощности, с разветвленными воздуховодами и подпольными каналами не дают требуемого эффекта. При рассредоточенной подаче перегретого (с целью отопления) воздуха сверху вниз, скорости в образующихся потоках быстро затухают. Теплый воздух не доходит до рабочей зоны и температура в ней оказывается ниже расчетной. В этом случае неблагоприятные условия создаются под фюзеляжем и крыльями, где образуются зоны аэродинамической тени.

Минимальные концентрации наблюдаются в верхней зоне помещений. При окрасочно-смывочных работах внутри самолета, несмотря на работу приточно-вытяжной вентиляции, обеспечивающей 50-кратный обмен воздуха, в самолете создаются также высокие концентрации вредных выделений. Поэтому работающие должны пользоваться респираторами.

Таким образом, результаты многочисленных исследований еще раз показывают, что с помощью общеобменной вентиляции обеспечить требуемую чистоту воздуха на рабочих местах при окраске изделий не представляется возможным. Для проветривания рабочей зоны в ангарах и особенно застройных зон, образующихся на рабочих местах, расположенных внизу под фю-

зеляжем и между доками, необходимо обеспечить устойчивое, направленное параллельно полу движение воздуха.

Среди источников иностранной литературы по вопросу устройства вентиляции малярных ангаров представляют особый интерес две работы: работа французских инженеров и гигиенистов [48], позволившая установить, что благоприятные условия воздушной среды во время пневматической окраски достигаются при скорости движения воздуха в зоне окраски не меньше 0,5 м/с и его температуре 26° С, и работа английских специалистов [47], касающаяся устройства вентиляции ангара, предназначенного для всех работ, связанных с ремонтом лакокрасочных покрытий военных самолетов.

Малярный ангар во втором случае представляет собой здание размером 96×45,7 м, высотой 9 м. С двух противоположных сторон здания имеются проемы, оборудованные воротами с механическим открыванием. Вентиляция ангара устроена по принципу передува воздуха от одной стенки ангара к противоположной, при этом фюзеляжи самолетов располагаются вдоль потока. Обе стены ангара, не занятые воротами, используются как воздухораспределители.

Одна стена целиком по всей длине (96 м) оборудована фильтрами, через которые 14 вентиляторами (с производительностью 157,800 м³/ч каждый) в ангар подается приблизительно 2 000 000 м³/ч свежего воздуха. В противоположной стене устроена серия камер с водяным распылением.

Четырнадцать вентиляторов (по 85 000 м³/ч) удаляют 1 190 000 м³/ч воздуха через гидрофильтры.

Над гидрофильтрами расположны вытяжные каналы с другими 14 вентиляторами производительностью 85 000 м³/ч каждый, которые удаляют из помещения еще приблизительно 1 190 000 м³/ч воздуха. Таким образом, общая подача свежего воздуха в окрасочный ангар составляет 2 212 110 м³/ч при суммарной вытяжке через гидрофильтры и вытяжные каналы около 2 360 000 м³/ч, что обеспечивает в ангаре 60-кратный воздухообмен.

На основании результатов зарубежных исследований последних лет рекомендуется в малярных ангарах обеспечивать горизонтальное движение воздуха вдоль фюзеляжа со скоростью 0,5—0,8 м/с. При этом воздухообмены в ангарах достигают 60-кратных при количестве вентиляционного воздуха до 2,5 млн. м³/ч. При небольшом воздухообмене (например, шестикратном) маляры должны пользоваться респираторами.

На основании изложенного приходим к выводу, что организация воздухообмена в малярных ангарах должна обеспечивать снабжение чистым воздухом рабочей зоны (местный приток вместо местной вытяжки). Достижение благоприятных условий труда во всем объеме помещения не обязательно. Основанные на этом принципе вентиляционные решения разработаны во

ВЦНИИОТ применительно к двум различным условиям окраски самолетов: в специальных малярных ангарах; в общих ремонтных ангарах на несколько самолетов.

Условия проведения окраски для этих двух случаев различаются лишь тем, что при ремонте самолетов окраска занимает небольшое время и чередуется с другими ремонтными работами. В связи с этим малярные работы выполняются не в специальном, а в общем ремонтном ангаре, где в то же время проводятся и прочие ремонтные работы на других позициях. Са-

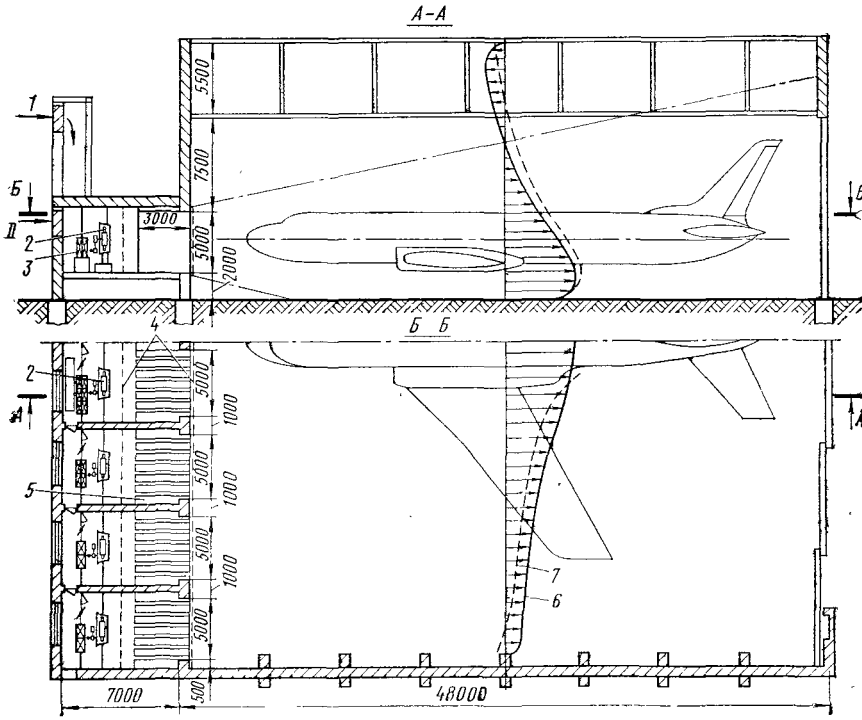


Рис. 73. Рекомендуемая схема вентиляции малярного ангара:
1 — воздухозаборное отверстие; *2* — осевой вентилятор; *3* — калориферы; *4* — сетка; *5* — шумогасители; *6* — расчетная эпюра скоростей; *7* — фактическая эпюра скоростей

молет окрашивается на той же позиции, на которой он проходит общий ремонт.

В специальном ангаре, предназначенном для окраски одного самолета типа ИЛ-18, ТУ-104 и т. п., предлагается устройство вентиляции, обеспечивающей во всей рабочей зоне помещения горизонтальное движение воздуха вдоль фюзеляжа самолета.

Воздух, образующий поток, забирается снаружи, подогревается в зимнее время и направляется от стены ангара к воротам (рис. 73).

Для того чтобы скорость движения воздуха на рабочих местах была не меньше 0,5 м/с, количество приточного воздуха должно составлять около 1 000 000 м³/ч. Для сокращения количества вентиляционного воздуха принимается, что воздушный поток заполняет помещение не по всей высоте, а лишь на 10—12 м от пола. Под перекрытием, где нет рабочих мест, допускается циркуляция воздуха. Кроме того, принимается, что скорость движения воздуха 0,5 м/с обеспечивается только на рабочих местах, т. е. вблизи самолета по продольной оси ангара. У стен скорости принимаются равными 0,1 м/с.

Распределение скоростей по поперечному сечению ангара показано на рис. 73 пунктиром. Оно достигается соответствующим распределением количества воздуха по приточным панелям. Пользуясь приведенной эпюрой скоростей, определяют количество воздуха, проходящего по сечению ангара, которые составляет 450 000 м³/ч.

Воздух можно подавать через восемь панелей размером 5×5 м каждая. Объемы воздуха для каждой панели определяются пропорционально скоростям в эпюре.

Подача воздуха может производиться восемью осевыми вентиляторами типа У-12, устанавливаемым в специальном помещении.

Предусматривается удаление воздуха в количестве 55% притока осевыми вентиляторами, установленными над воротами.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ НА МОДЕЛЯХ

Изложенные основные положения по устройству вентиляции были проверены на модели. Исследовались характер движения воздуха в ангаре и распределение концентраций паров растворителей в нем.

Общий вид экспериментальной установки показан на рис. 5.

Модель была выполнена в масштабе 1 : 50 с соблюдением геометрического подобия коробки здания и вентиляционных устройств (см. рис. 73).

Воздух подавался в модель центробежным вентилятором через сборный воздуховод — коллектор *1*, к которому были присоединены семь трубок Вентури *2*. С помощью этих трубок количества подаваемого воздуха для каждой панели *3* были отрегулированы в соответствии с проектом.

Удаление воздуха из ангара производилось через патрубок *4*, расположенный над воротами, и контролировалось также по трубе Вентури.

При аэродинамических исследованиях скорости измерялись по трем осям, перпендикулярным к потоку воздуха (см. рис. 74), оси *А*, *Б* и *В*). Эти оси отстоят от панелей на расстоянии 5, 13, 34 м, считая по натуре, и располагаются на уровне продольной оси фюзеляжа.

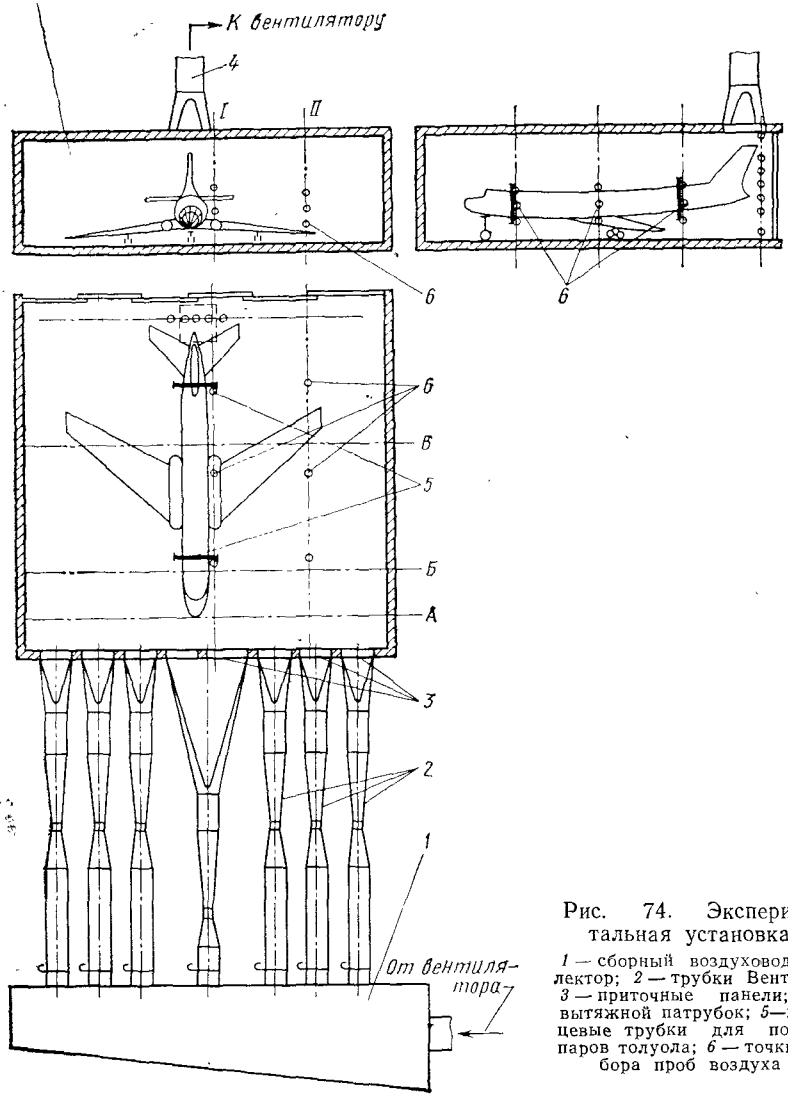


Рис. 74. Экспериментальная установка:

1 — сборный воздуховод-коллектор; *2* — трубки Вентури; *3* — приточные панели; *4* — вытяжной патрубок; *5*—кольцевые трубки для подачи паров толуола; *6* — точки отбора проб воздуха

Измерения скорости производились при открытых и закрытых воротах, с самолетом и без него. Кроме того, исследовались скорости по центральным вертикальным осям на тех же расстояниях от панелей. Результаты измерений показали, что в ангаре образуется сплошной поток приточного воздуха, идущий к воротам и заполняющий ангар на высоту 8—10 м от пола.

У продольных стен ангара скорости несколько ниже расчетных, в центре — выше.

На пол струя настилается только пройдя половину ангара в сечении *В*. Струя в плане имеет симметричный профиль. Скорости воздуха у борта самолета от сечения *А* до *В* падают от 1,1 м/с до 0,85—0,6 м/с.

Если сравнить значение скоростей при открытых и закрытых воротах, то можно отметить, что закрытие ворот сказывается в основном лишь на скоростях в сечении *Б*, где они уменьшаются на 10—15%.

У продольных стен (на расстоянии 6 м от них) скорости становятся близкими к нулю, еще ближе к стенам — меняют знак на обратный. Обратные потоки возникают вследствие удара струи о закрытые ворота. Граница потока проходит на уровне 10 м от пола (3 м над фюзеляжем).

При исследовании распределения концентраций в модель подавались пары толуола через две кольцевые трубки, надетые на фюзеляж модели самолета. Таким способом имитировалось испарение растворителей с поверхности фюзеляжа при окраске самолетов.

Трубки диаметром 6 мм с 18 отверстиями диаметром 1,5 мм, расположенными по всей поверхности колец, были помещены на расстоянии 7,5 м от носа и хвоста самолета.

Концентрации толуола определялись в двух плоскостях (I и II), параллельных оси фюзеляжа (см. рис. 74). В первой плоскости расположены рабочие места маляров, вторая плоскость находится посередине между продольной стеной и фюзеляжем.

Определение концентраций паров толуола в воздухе модели производилось экспресс-методом. В каждой плоскости отбиралось по девять проб. Места их отбора были строго фиксированы. Для составления газового баланса пробы отбирались в приточном и вытяжном воздуховодах. Количество паров толуола, удаляемого из модели с вентиляционным воздухом, соответствовало поступающему.

Пробы отбирались при включенных притоке и вытяжке и закрытых воротах, что соответствовало зимнему режиму. При этом механическим путем удалялось 50% количества приточного воздуха. Остальной воздух вытеснялся за счет подпора в ангаре через неплотности и щели, в основном вблизи ворот.

Полученное распределение концентраций показало, что в плоскостях I и II концентрации почти одинаковы. По мере удаления воздуха от приточных панелей содержание толуола возрастало и у ворот оно было почти в 5 раз выше, чем в среднем в плоскостях I и II. Это показывает, что воздух следует удалять по возможности в плоскости ворот. Однако концентрации в удаляемом над воротами воздухе были близки к средним.

В эксперименте, воспроизводящем летний режим, когда была открыта центральная часть ворот и выключена вытяжка, концентрации на рабочих местах при прочих равных условиях

понизились и стали составлять 70% концентраций первого режима.

Пары толуола, как и в предыдущем случае, относились в сторону ворот, и концентрации в струе возрастали от головы к хвосту самолета в 2—3 раза, а в плоскости ворот оказывались максимальными. Следовательно, в данном режиме основное количество паров растворителей направлялось через открытые ворота наружу и в помещение не возвращалось.

Результаты моделирования позволяют сделать следующие выводы.

1. Циркуляция воздуха, возникающая в помещении при действии вентиляции, обусловливает образование минимального количества плохо проветриваемых зон: при открытых воротах — зоны под перекрытием; при закрытых — дополнительно две зоны вблизи ворот у продольных стен. В этих зонах расположение рабочих мест нежелательно.

2. Фактический профиль скоростей совпадает с расчетным.

3. При выбранном способе подачи воздуха скорости в струе, омывающей фюзеляж, на рабочих местах будут порядка 1,1—0,5 м/с, а на плоскости крыльев 0,4—0,3 м/с.

Опыты, проведенные на модели с искусственным загрязнением воздуха растворителями, показали, что запроектированная вентиляция будет достаточно эффективной и позволит обеспечить на рабочих местах концентрации ниже предельно допустимых.

Что касается устройства вентиляции в общих ремонтных ангарах, то она должна быть проста и занимать мало места. В то же время она должна не только обеспечивать благоприятные условия труда на рабочих местах, но и препятствовать распространению вредных выделений за пределы участка окраски.

Решение второй задачи достигается при условии хотя бы частичного выделения места окраски шторой или облегченной передвижной перегородкой.

Предлагаемая для рассматриваемых условий вентиляция проектируется применительно к окраске самолета ТУ-104 (или ему подобных) в типовом ангаре, план и разрез которого показаны на рис. 75.

Предусматривается устройство стационарной вытяжной вентиляции и передвижного агрегата, выполненного по типу вентиляционных душирующих агрегатов. Агрегат перемещает цеховой воздух и используется для создания направленного потока на рабочих местах.

Предполагается, что агрегат большую часть времени будет располагаться по оси фюзеляжа у носовой его части, при этом струя воздуха будет направляться вдоль бортов самолета, сдувая вредные выделения к воротам ангара. Расположение вентиляционных установок в ангаре показано на рис. 76.

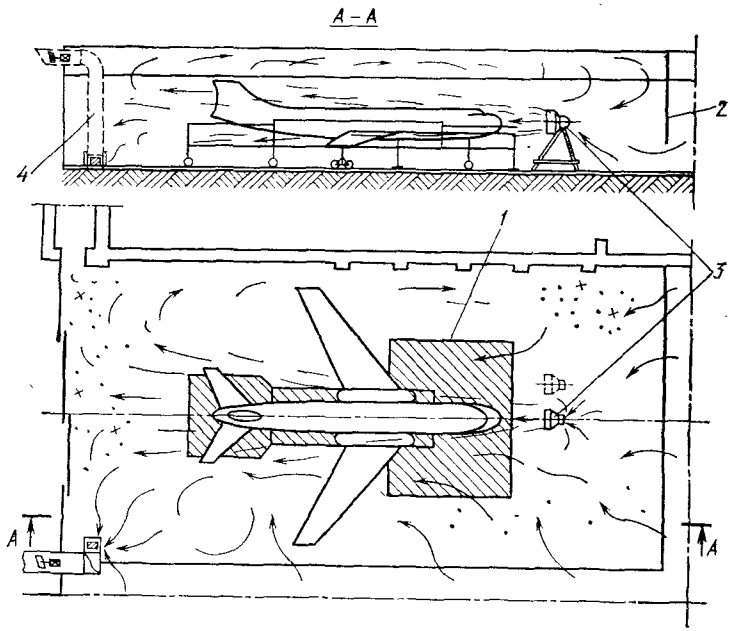


Рис. 75. Четвертая часть ремонтного ангара на четыре самолета:

1 — рабочие площадки; *2* — шторы (передвижные перегородки); *3* — передвижной вентиляционный агрегат; *4* — вытяжные установки

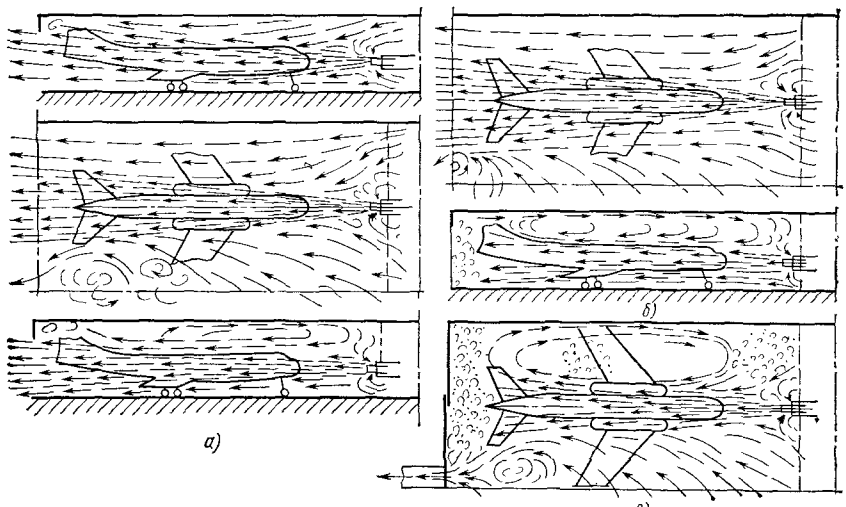


Рис. 76. Характер течения воздуха на отгороженном участке ангара при различных режимах вентиляции:

а — при открытых воротах без изоляции участка окраски; *б* — при наличии перегородок; *в* — при наличии перегородок, закрытых воротах и работе вытяжной вентиляции

В теплое время года, когда ворота открыты, загрязненный парами растворителей до ПДК воздух может выходить наружу через них со стороны хвоста окрашиваемого самолета, через другие ворота подсасываться в ангар.

Позиция окраски может быть выделена одной продольной перегородкой, образованной брезентовой подъемной шторой или раздвижными панелями (см. рис. 76).

В холодное время года, когда ворота закрыты, участок окраски изолируется двумя перегородками (продольной и поперечной), не доходящими до пола на 2,5—3 м, что препятствует распространению паров растворителей на смежные участки.

При действии агрегата воздух на этом участке будет лишь интенсивно перемешиваться, при этом концентрации на рабочих местах будут близки к средним (т. е. на уровне ПДК). Воздухообмен в этом случае должен обеспечиваться за счет удаления воздуха вентиляторами с выгороженного участка окраски.

Количество вентиляционного воздуха рассчитывается из условия разбавления паров растворителей в среднем по помещению до предельно допустимых концентраций.

Передвижной агрегат оборудуется осевым вентилятором, укрепленным на телескопической стойке, которая монтируется на тележке. Исходя из условия создания на рабочих площадках потока воздуха достаточного сечения (высотой не менее 2 м и шириной 1 м) площадь панели на выходе воздуха из агрегата принимается равной $2{,}5 \times 2{,}5$ м^2.

Производительность вентилятора подсчитывается по скорости струи при истечении. Эта скорость выбирается из тех соображений, чтобы по всей длине рабочей площадки (у борта самолета) скорость движения воздуха лежала в пределах 1,5—0,5 м/с.

Выходной диффузор должен заканчиваться обоймой под фильтрующие кассеты толщиной до 250 мм. Установка фильтровых кассет предусмотрена в основном для выравнивания потока воздуха за вентилятором.

Наиболее важным при проектировании вентиляции является получение на рабочих местах потока воздуха с заданными скоростями и размерами и обеспечение условий, при которых воздух с позиции окраски не будет попадать на смежные участки. Эти положения выяснялись на модели (моделировалась 1/4 часть типового ремонтного ангара в масштабе 1 : 50, рис. 76).

В модели исследовался характер циркуляции воздуха и распределение скоростей на рабочих местах. Исследования проводились при различном расположении агрегата относительно самолета и различной степени изоляции позиции окраски.

Результаты моделирования показали, что при открытых воротах струя, направленная вдоль самолета, заставляет весь воз-

ловия обеспечения на рабочих местах потока диаметром не менее 2 м со скоростью 0,5—1,5 м/с.

Для ориентировочного определения диаметра струи и скорости ее движения рекомендуется пользоваться следующими формулами:

$$d_x = 0{,}22x; \quad v_{ср} = \frac{1{,}2v_0D_0}{x},$$

где d_x — диаметр струи на расстоянии x от выходного отверстия агрегата, м; $v_{ср}$ — средняя скорость струи на расстоянии x от выходного отверстия агрегата, м/с.

В выходном диффузоре агрегата должна быть предусмотрена обойма под кассеты толщиной 250 мм, в которую закладывается фильтрующий материал из синтетического волокна с сопротивлением не более 12 кгс/м². Установка фильтровых кассет используется в основном для выравнивания потока на выходе из агрегата. На выходном патрубке устанавливается секционный регулировочный клапан.

Вентиляционный агрегат крепится к подъемной стойке, смонтированной на тележке с механическим управлением.

В целях предотвращения перетекания воздуха с выгороженного участка на смежные, количество удаляемого воздуха должно быть не менее производительности агрегата.

Воздухоприемное отверстие вытяжной установки необходимо располагать в нижней зоне помещения с противоположной стороны от агрегата.

При внутренних окрасочно-смывочных работах рекомендуется удалять вредные выделения из фюзеляжа самолета через гибкие шланги с помощью вентиляторов, выбрасывающих загрязненный воздух в атмосферу. Так как по техническим условиям одновременное выполнение внутренних и наружных окрасочных работ не допускается, то восполнение отсасываемого из фюзеляжа воздуха предусматривается за счет подсоса воздуха из помещения ангара через оконные и дверные проемы фюзеляжа. Отопительно-вентиляционные установки ангара проектируют с учетом удаления этого объема за пределы помещения. Работающая по этому принципу система вентиляции, предложенная ВЦНИИОТ, построена и эксплуатируется на одном из ремонтных заводов при окрасочно-смывочных работах, проводимых внутри фюзеляжа самолета типа ТУ-104, ИЛ-18 и др.

Система состоит из четырех самостоятельных вентиляционных установок, расположенных симметрично, по две установки с каждой стороны вдоль фюзеляжа самолета (рис. 77). Вентиляторы установок Ц4-70 № 8 производительностью 15 000 м³/ч с развиваемым напором 100 кгс/м² с электродвигателями КО-12-6 мощностью 8 кВт и частотой вращения 950 об/мин на одном валу установлены снаружи ангара. Сборные воздуховоды — коллекторы со штуцерами для присоединения гибких шлангов смонтированы под полом верхней стационарной рабо-

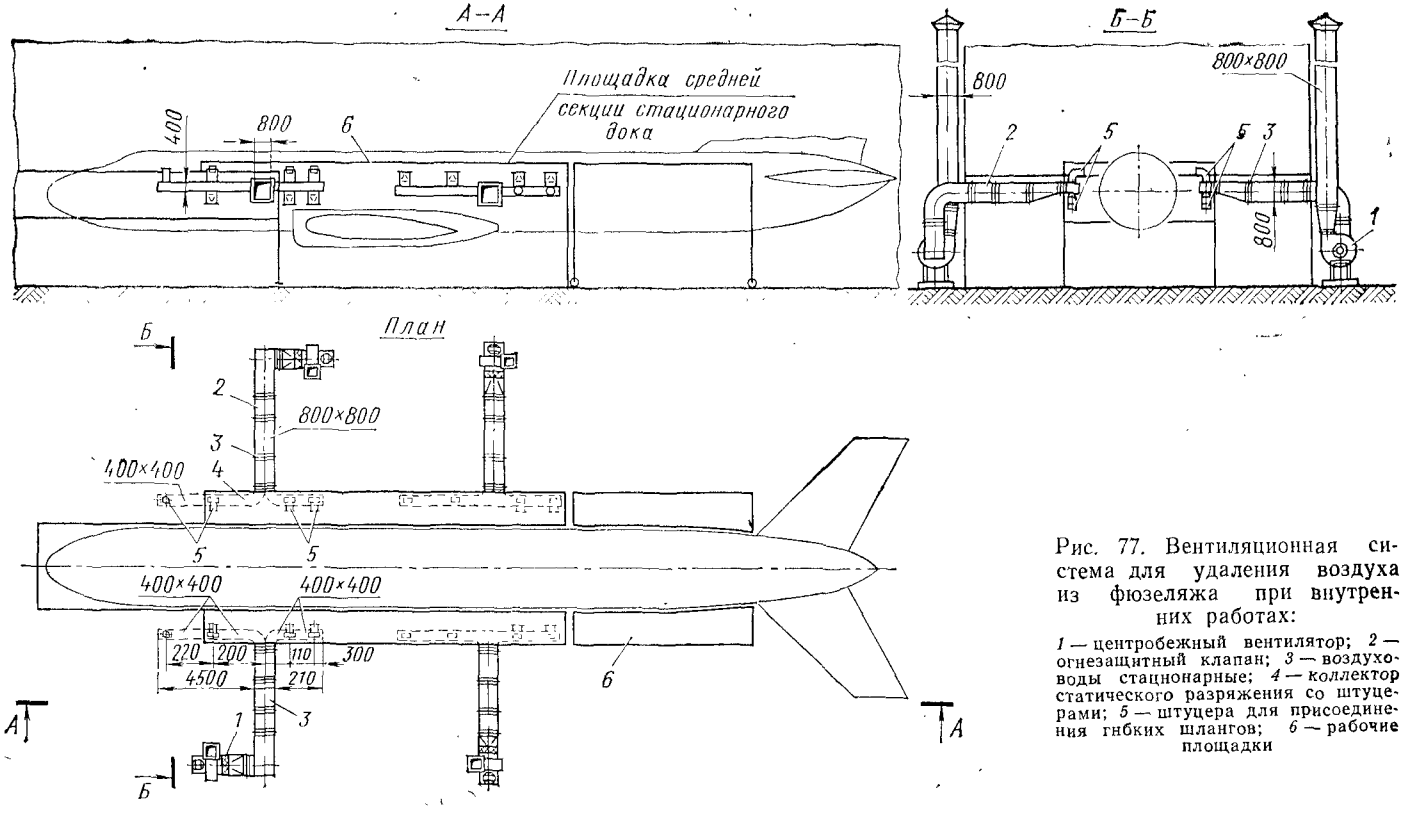


Рис. 77. Вентиляционная система для удаления воздуха из фюзеляжа при внутренних работах:

1 — центробежный вентилятор; *2* — огнезащитный клапан; *3* — воздуховоды стационарные; *4* — коллектор статического разряжения со штуцерами; *5* — штуцера для присоединения гибких шлангов; *6* — рабочие площадки

чей площадки с обеих сторон фюзеляжа. Штуцера (всего по 6 шт. на каждой установке) предусмотрены на верхней и нижней стенках воздуховодов. Одновременно могут использоваться только часть штуцеров, остальные перекрываются задвижками. Сечение сборного воздуховода должно быть рассчитано из условия незначительных потерь давления в нем (не более 10% общего), чтобы место присоединения рукава не влияло на количество проходящего через него воздуха.

В качестве гибких рукавов используют брезентовые воздуховоды (пропитанные составами, делающими ткань огнестойкой) $d = 250$ мм из применяемых в ангарах приточных установок МП-85. Для того чтобы рукава не слипались из-за наличия в них разрежения, ткань укреплена алюминиевыми кольцами. В комплект каждой вентиляционной установки входят один рукав длиной 2 м и восемь рукавов длиной по 4 м. Рукава закреплены на штуцерах стационарных воздуховодов и между собой (для увеличения их длины) на манжетах с защелками. При проведении смывочных работ два рукава размещают в пилотской кабине и два (длиной до 12 м) используют для работ, производимых вне фюзеляжа (в мотогондолах и других полостях). Остальные гибкие рукава всех четырех установок пропускают через иллюминаторы с размещением воздухозаборных отверстий по возможности в подпольной части фюзеляжа равномерно по площади не ближе чем на 0,5 м от обрабатываемой поверхности.

При проведении окрасочных работ рукава от каждых двух установок должны быть сгруппированы в одной половине фюзеляжа. Окраску необходимо начинать от места расположения рукавов.

Одновременное проведение работ снаружи и внутри фюзеляжа не допускается.

При работе установок в фюзеляже создается приблизительно 300-кратный воздухообмен. Количество вентиляционного воздуха рассчитывают из условия разбавления паров растворителей, расходуемых при внутренних работах, до предельно допустимых с коэффициентом, учитывающим неравномерность этих концентраций, равным 2—1,5; скорости подсоса воздуха в открытые иллюминаторы и люки не должны превышать 2 м/с.

Исследование эффективности опытных установок на упомянутом заводе показало, что при их действии во время смывочных работ в самолете концентрации вредных выделений близки к предельно допустимым.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Классификация по взрыво-пожароопасности окрасочных камер, установок, участков [15]

Технологические установки	Класс взрыво-пожароопасности
Окрасочные камеры разных типов для пневматического и безвоздушного распыления с гидроочисткой отсасываемого воздуха и механической вытяжной вентиляцией при применении лакокрасочных материалов на органических растворителях	В—1а
Участки, оборудованные напольными вытяжными решетками для бескамерной окраски изделий	В—1а
Окрасочные камеры для нанесения лакокрасочных материалов в электрическом поле высокого напряжения до 140 кВ при номинальной силе тока до 5 мА	В—1б
Участки (отделения) окраски ручными электрораспылителями (центробежными, гидравлическими и др.) с напряжением до 100 кВ и током короткого замыкания до 1 мА	В—1б
Установки окрашивания окунанием (ванны емкостью более 1 м^3) и лаконаливные машины	В—1а
Установки струйного облива	В—1а
Сушильные камеры для лакокрасочных покрытий на органических растворителях	В—1б
Оборудование для приготовления лакокрасочных материалов в краскозаготовительном отделении	В—1а
Краскозаготовительное отделение	В—1а

Примечания: 1. Взрывоопасная зона указанного в таблице класса распространяется на весь внутренний объем камер, установок и участков и в окружающее помещение в радиусе 5 м от проема камер (установок) или от края решетки по горизонтали и от окрашиваемого изделия по вертикали при бескамерной окраске в том случае, когда указанное оборудование установлено в общем потоке производства или в помещении, которое не относится по ПУЭ к классу взрывоопасных.

2. Установки для нанесения на негорючее изделие водоразбавляемых материалов при отсутствии легко летучих растворителей следует относить к невзрывопожароопасным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Альбом** оборудования лакокрасочных цехов. Изд. 2-е. М., Химия, 1975. 320 с.
2. **Батурин В. В.** Основы промышленной вентиляции. М., Профиздат, 1965. 608 с.
3. **Болотин В. Т., Искра Е. В., Луковский А. М.** Современные средства механизации подготовительных и окрасочных работ в судостроении. Л., «Судостроение», 1968. 155 с.
4. **Вентиляция** при бескамерной окраске. Исследования и рекомендации по проектированию Р-3991. М., 1964. 39 с.
5. **Временные** рекомендации по подбору вентиляторов для вентиляционных систем взрывоопасных производств АЗ-691. М., изд. ГПИ «Сантехпроект», 1975. 67 с.
6. **ГОСТ 9.032—74.** Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Классификация и обозначения. М., изд. Госкомитета стандартов СМ СССР. 1974.
7. **ГОСТ 12.3.005—75.** Система стандартов безопасности труда. Работы окрасочные. Общие требования безопасности. М., изд. Госкомитета стандартов СМ СССР. 1976.
8. **Гоц В. Л., Ратников В. Н., Гисин П. Г.** Методы окраски промышленных изделий. М., «Химия» 1975. 263 с.
9. **Духанин Ю. А.** Техника безопасности в цехах лакокрасочных покрытий. М., «Машиностроение», 1966. 115 с.
10. **Заусалина В. В., Тагирова М. И.** Результаты обследования установок струйного облива на водоразбавляемых материалах. — В сб.: Научные работы Институтов охраны труда ВЦСПС. М., Профиздат, 1975, № 96, с. 39—44.
11. **Иванникова Т. Ф.** Вопросы гигиены труда и оздоровительные мероприятия при бескамерной окраске крупногабаритных изделий. — В сб.: Гигиена труда и промышленная вентиляция. М., Профиздат, 1960. с. 72—81.
12. **Инструкция** по выбору и расчету систем воздухораспределения. АЗ-669. М., изд. ГПИ «Сантехпроект», 1977. 67 с.
13. **Конторович В. И.** Опыт применения ручных электростатических окрасочных установок. Лакокрасочные материалы и их применение, 1972, № 1, с. 59—61.
14. **Лакокрасочные** покрытия в машиностроении. Под ред. М. М. Гольдберга. Изд. 2-е. М., «Машиностроение», 1974. 576 с.

15. **Правила** и нормы техники безопасности, пожарной безопасности и производственной санитарии для окрасочных цехов. М., «Машиностроение», 1977, 80 с. (ЦК профсоюза рабочих машиностроения, Минхиммаш, ВЦНИИОТ ВЦСПС).
16 **Руководство** по расчету загрязнения воздуха на промышленных площадках. — В сб.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. М., Профиздат, 1976, № 100, с. 70—101.
17. **Руководящие** материалы по проектированию и эксплуатации установок безвоздушного распыления, ручных электроокрасочных установок и установок для окраски методами электроосаждения, облива и окунания. М., изд. НИИТЭХим, 1974. 84 с.
18. **Санитарные** нормы проектирования промышленных предприятий СН 245-71. М., Стройиздат, 1972. 97 с.
19. **Санитарные** правила при окрасочных работах с применением ручных распылителей. — В сб.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. М., Профиздат, 1973, № 85, с. 99—110.
20. **Саноцкий И. В.** Гигиеническое значение факторов малой интенсивности в условиях населенных мест и производства. — В сб.: Задачи токсикологии в машиностроении. М., изд. Минздрава СССР, 1976, с. 13—17.
21. **Сенкевич Э. В.** Методические рекомендации по расчету и проектированию сушильного оборудования газового обогрева с очисткой выбросов. Минск, ОНТЭИ СКБ-3, 1974. 63 с.
22. **Сенкевич Э. В.** Особенности проектирования сушильных установок с электрообогревом и каталитической очисткой газовых выбросов. — «Лакокрасочные материалы и их применение», 1975, № 5, с. 48—51.
23. **Сухарев Г. А., Гоц В. Л.** Механизация процесса нанесения высоковязких составов на внутреннюю поверхность трубопроводов большого диаметра.—В сб.: Новое в технологии лакокрасочных покрытий. М., НИИТЭХим, 1973, вып. 4, с. 29—46.
24. **Типовые** правила пожарной безопасности для промышленных предприятий. М., изд. ГУПО МВД СССР, 1976. 52 с.
25. **Указания** по определению категории производства по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности. СН 463—74. М., Стройиздат, 1975. 8 с.
26. **Указания** по проектированию камер для окраски распылением (с унифицированными элементами вентиляционных устройств). М., изд. ВЦНИИОТ ВЦСПС, 1971. 27 с.
27. **Указания** по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий СН 369—74. М., Стройиздат, 1975. 41 с.
28. **Фиалковская Т. А.** Вентиляция камер для окраски автомашин на автобазах и авторемонтных заводах. — В сб.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. М., Профиздат, 1961, № 3, с. 32—44.
29. **Фиалковская Т. А.** Вентиляция при окраске вагонов. — В сб.: Технология транспортного машиностроения, 1957, № 12, с. 35—39.
30. **Фиалковская Т. А.** Вентиляция при окраске наружных поверхностей самолетов. — В сб.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС, М.. Профиздат, 1966, № 44, с. 12—19.
31. **Фиалковская Т. А.** К вопросу устройства вентиляции при бескамерной окраске. — В сб.: Гигиена труда и промышленная вентиляция. М., Профиздат, 1960, с. 82—88.
32. **Фиалковская Т. А.** Проектирование вентиляционных каналов при бескамерной окраске. — «Бюллетень научно-технической информации по охране труда». М., Профиздат, 1958, № 3, с. 17—25.
33. **Фиалковская Т. А., Заусалина В. В.** Гидрофильтры камер пульверизационной окраски. — В сб.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. М., Профиздат, 1970, № 64, с. 12—27.
34. **Фиалковская Т. А., Заусалина В. В.** Окрасочные камеры с экранным

гидрофильтром. — В сб.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. М., Профиздат, 1968, № 51, с. 16—21.
35. **Фиалковская Т. А., Заусалина В. В., Перцовский Б. Е.** Гидрофильтры новой конструкции для окрасочных камер. — В сб.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. М., Профиздат, 1971, № 72, с. 7—12.
36. **Фиалковская Т. А., Заусалина В. В., Чупрова С. Г.** Принципы устройства вентиляции при окраске изделий. — В сб.: Промышленная вентиляция, М., Профиздат, 1973, с. 47—52.
37. **Фиалковская Т. А., Иванникова Т. Ф.** Условия труда и вентиляция при ручном электростатическом нанесении лакокрасочных материалов. — В сб.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. М., Профиздат, 1970, № 63, с. 85—90.
38. **Фиалковская Т. А., Иванникова Т. Ф., Вовшина Р. М.** Исследования условий труда при окраске изделий струйным обливом с последующей выдержкой в парах органических растворителей. — В сб.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. М., Профиздат, 1969, № 57, с. 55—61.
39. **Фиалковская Т. А., Чупрова С. Г.** Распределение приточного воздуха в окрасочных камерах. — В сб.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. М., Профиздат, 1971, № 69, с. 3—10.
40. **Челнокова В. Н., Храмова Э. И., Хазанская Л. В., Рудаков И. П.** Определение категории взрыво- и пожароопасности участков окраски. — «Лакокрасочные материалы и их применение», 1976, № 1, с. 78—80.
41. **Чупрова С. Г.** Исследование воздухораспределителей для окрасочных камер. — В сб.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС, М., Профиздат, 1971, № 74, с. 33—39.
42. **Шашунов И. С.** «О рациональном способе вентиляции пассажирских вагонов при внутренних малярных работах». — «Труды ЦНИИ МПС», М., «Транспорт», 1971, вып. 453, с. 53—71.
43. **Штеренгарц Р. Я.** Гигиена труда в производствах по нанесению лакокрасочных покрытий. М., «Медицина», 1974. 140 с.
44. **Эльтерман Е. М.** Изучение скорости выделения растворителя из лакокрасочных покрытий. — «Лакокрасочные материалы и их применение», 1973, № 3, с. 84—86.
45. **Эльтерман Е. М.** Влияние толщины слоя на испарение растворителей с лакокрасочных материалов. — В сб.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС, М., Профиздат, 1976, вып. 98, с. 50—53.
46. **Verstraete M., Vialatenaux M.** Le peinture des voitures aux ateliers du Landy. «Revue generale des chemin de fer», VIII, 1955, S. 690—695.
47. **Golding D. M.** Pointing militar planes. «Industrial Finisting», Sept. 1954.
48. «Surfaces», N 59, 1971, S. 135—140, 145—152.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава 1. **Общие сведения по технологии окраски** 7

1. Лакокрасочные материалы их санитарная характеристика 7
2. Способы нанесения лакокрасочных покрытий . . . 12
3. Классификация и распространенность способов окраски . . 26

Глава 2. **Санитарно-техническая характеристика производства** . . . 28

1. Сравнительная санитарно-техническая оценка способов окраски 28
2. Характеристика производства и условий труда . . . 35

Глава 3. **Общие санитарно-технические требования и мероприятия** . . 39

1. Организация технологического процесса 39
2. Строительные требования 43
3. Санитарно-гигиенические требования 43
4. Противопожарные мероприятия 44

Глава 4. **Вентиляция** 47

1. Общие положения 47
2. Специальные требования к вентиляционным устройствам и оборудованию 50
3. Выбросы воздуха в атмосферу 52

Глава 5. **Вентиляция камер для ручной окраски изделий** 70

1. Организация воздухообмена в камерах 70
2. Результаты исследования эффективности вентиляции камер 79
3. Рекомендации по проектированию вентиляции камер с боковым отсосом [26]. 86
4. Рекомендации по проектированию вентиляции камер с нижним отсосом [26] 91

Глава 6. **Вентиляция при окраске на напольных решетках (бескамерная окраска)** 100

1. Организация воздухообмена 100
2. Подпольные каналы 107
3. Исследование эффективности вентиляции на участках бескамерной окраски 111
4. Рекомендации по проектированию вентиляции при бескамерной окраске 115

181

Глава 7. **Вентиляционные устройства установок автоматизированной окраски изделий** 121
1. Вентиляция камер электростатической окраски . . 121
2. Вентиляционные устройства утановок окраски струйным обливом или окунанием с последующей выдержкой в парах растворителей 129
3. Вентиляция установок окраски электроосаждением . . . 141
Глава 8. **Вентиляция при окраске вагонов** 150
1. Вентиляция при окраске наружной поверхности вагонов 150
2. Вентиляция при внутренней окраске пассажирских вагонов 159
Глава 9. **Вентиляция при окраске самолетов** 162
1. Организация воздухообмена 162
2. Исследование на моделях 166
3. Рекомендации по проектированию вентиляции при окраске самолетов [30] 172
Приложение 177
Список литературы 178

ИБ № 493

Татьяна Андреевна Фиалковская

ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ ОКРАСКЕ ИЗДЕЛИЙ

●

Редактор издательства В. И. Яковлева
Технические редакторы
Н. В. Тимофеенко и Н. Ф. Дёмкина
Корректор Л. Я. Шабашова
Обложка художника В. В. Воронина

●

Сдано в набор 20/I 1977 г.
Подписано к печати 3/VI 1977 г.
Т-09244 Формат 60×90¹/₁₆
Бумага типографская № 3
Усл. печ. л. 11,5 Уч. изд. л. 11,65
Тираж 23 000 экз.
Заказ 76. Цена 60 коп.

●

Издательство «Машиностроение»
107885, Москва, Б-78,
1-й Басманный пер., 3.

●

Московская типография № 6
Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета
Министров СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли.
109088, Москва, Ж-88,
Южнопортовая ул., 24.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

НОВАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ОХРАНЕ ТРУДА И ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Выпуск 1976 г.

КНИГИ

Микулинский А. М., Стариков Г. А., Шейман Л. С. **Защита от вибрации при работе с пневматическими шлифовальными машинами.** М., 1976, 88 с., 29 к.

Охрана труда в машиностроении. Учебник для вузов. Под ред. Е. Я. Юдина. М., 1976. 336 с., 1 р. 07 к.

Турбин Б. И., Дроздов В. Н. **Снижение вибраций и шумов в сельскохозяйственных машинах.** М., 1976. 224 с., 84 к.

Хазанов И. С. **Эксплуатация, обслуживание и ремонт вентиляционных установок машиностроительных предприятий.** Изд. 4-е, перераб. и доп. М., 1976. 296 с., 1 р. 21 к.

Выпуск 1977 года

КНИГИ

Власов А. Ф. **Безопасность при работе на металлорежущих станках.** 10 изд. л., 55 к.

Партолин О. Ф., Чистов Е. Д., Быховский А. В. **Радиационная безопасность при промышленной дефектоскопии.** 10 изд. л., 55 к.

Симсон И. И. **Техника безопасности при механической обработке древесины.** Изд. 4-е, перераб. и доп. 12 изд. л., 85 к.

ПЛАКАТЫ

Техника безопасности в плавильных отделениях литейных цехов машиностроительных заводов. Комплект плакатов на 15 листах. Сост. В. И. Гришин. 3 р.

Техника безопасности при работе на сверлильных станках. Комплект плакатов на 12 листах. Сост. В. И. Мерзляков. 2 р. 40 к.

Техника безопасности при работе на фрезерных станках. Комплект плакатов на 12 листах. Сост. И. Н. Сметанин. 2 р. 40 к.

Техника безопасности при формовке и обрубке. Комплект плакатов на 10 листах. Сост. В. Л. Михайлова. 2 р.

Приобретайте новые издания в магазинах, распространяющих техническую литературу!