

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

**ПАРАМЕТРЫ, МЕТОДЫ РАСЧЕТА КОМПРЕССОРНЫХ
УСТАНОВОК СПЕЦИАЛЬНОГО САМОХОДНОГО ПОДВИЖНОГО
СОСТАВА**

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Государственным унитарным предприятием Всероссийский научно-исследовательский институт тепловозов и путевых машин Министерства путей сообщения Российской Федерации (ГУН ВНИТИ МПС России)

ВНЕСЕН Департаментом пути и сооружений МПС России

2 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Указанием МПС России

от

№

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения МПС России

Содержание

	стр
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Определения и сокращения	2
4 Исходные данные и методы расчета расхода воздуха на специальном подвижном составе	3
5 Методы расчета параметров компрессорных установок специального самоходного подвижного состава	6
Приложение А Номинальные параметры и характеристики поршневых компрессоров для железнодорожного подвижного состава	12
Приложение Б Характеристики адсорбционных блоков	13
Приложение В Пример расчета параметров компрессорной установки для ССНС категории Б	15
Приложение Г Пример расчета параметров компрессорной установки для ССНС категории А	19
Приложение Д Пример расчета параметров компрессорной установки для самоходного снегоуборочного комплекса	23
Приложение Е Библиография	27

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

ПАРАМЕТРЫ, МЕТОДЫ РАСЧЕТА КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК СПЕЦИАЛЬНОГО САМОХОДНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Дата введения 2002-07-01

1 Область применения

Настоящий руководящий документ (далее – РД) устанавливает методику расчета расхода воздуха и параметров основных элементов компрессорных установок специального самоходного подвижного состава различного назначения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем РД использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 10393-99 Компрессоры воздушные поршневые для тягового подвижного состава. Общие технические условия

ГОСТ 28567-90 Компрессоры. Термины и определения

ГОСТ 17433-80 Промышленная чистота. Сжатый воздух. Классы загрязненности

ГОСТ 3956-76 Силикагель технический. Технические условия

ГОСТ 1561-75 Резервуары воздушные для автотормозов вагонов железных дорог. Технические условия

ОСТ 32.92-97 Машины путевые. Пневмосистемы и передачи рычажные тормозные. Технические требования

ОСТ 32.48-95 Резервуары воздушные для тягового подвижного состава. Габаритные и присоединительные размеры и технические требования

3 Определения и сокращения

3.1 В настоящем документе применяются следующие сокращения

3.1.1 СПС – специальный подвижной состав [1]

3.1.2 ССПС – специальный самоходный подвижной состав [1]

3.1.3 СНПС – специальный несамоходный подвижной состав [1]

3.1.4 КУ – компрессорная установка

3.2 В настоящем документе применяются следующие термины с соответствующими определениями

3.2.1 **специальный самоходный подвижной состав категории А:** ССПС (тяговые модули и агрегаты), обеспечивающий транспортирование СПС (комплексов), в т.ч. с энергообеспечением рабочих органов

3.2.2 **специальный самоходный подвижной состав категории Б** ССПС с ограниченной до 60 т массой прицепной нагрузки (дрезины, автомотрисы, мотовозы, машинные гайковерты, машины ба.пластоуплотнительные, выправочно-подбивочно-риховальные, рельсосварочные и др.)

3.2.3 **поездная работа ССПС** работа ССПС в качестве локомотива в хозяйственном поезде (без энергообеспечения СПС и при отключенных технологических пневмосистемах), следующем к месту выполнения работ по содержанию, обслуживанию и ремонту пути, сооружений и устройств железных дорог

3.2.4 **технологическая работа ССПС:** работа ССПС самостоятельно или в составе технологических комплексов при выполнении ремонтно-строительных операций, в том числе со снабжением рабочих органов СПС сжатым воздухом

3.2.5 **общий расход воздуха:** суммарный приведенный к условиям всасывания компрессора, расход воздуха для обеспечения тормозных процессов, восполнения утечек в пневмосистемах поезда, работы привода рабочих органов СНПС, для служебных нужд ССПС (приведение в действие кон-

такторов, песочниц, жалюзи, звуковых сигналов, реверс-режимных устройств, восполнение утечек в питательной магистрали ССПС)

3.2.6 привод компрессора: двигатель, от которого приводится компрессор, и устройство передачи энергии от двигателя к компрессору (ГОСТ 28567)

3.2.7 компрессорная установка: комплекс, предназначенный для обеспечения потребности СПС в сжатом воздухе и включающий в себя компрессор, его привод, главные резервуары ССПС, средства очистки и осушки сжатого воздуха, элементы регулирования компрессора

3.2.8 регулирование компрессора: периодические автоматические процессы воздействия на компрессор или его привод для временного прекращения и последующего возобновления подачи им сжатого воздуха с целью поддержания в главных резервуарах установленного диапазона давлений и обеспечения равенства подаваемого компрессором и расходуемого потребителями воздуха

3.2.9 адсорбционный блок: автоматически регенерируемое средство очистки и осушки сжатого воздуха, содержащее фильтрующую и адсорбционную ступени и способное отделять от воздуха механические и масляные загрязнения, а так же влагу в любом, включая парообразное, состоянии

4 Исходные данные и методы расчета расхода воздуха на СПС

4.1 Исходные данные и расчетные зависимости для определения расхода воздуха при выполнении ССПС поездной работы в качестве локомотива в составе хозяйственного поезда

4.1.1 Общий расход воздуха Q_{Σ} , л/ч, для ССПС категории А определяют по формуле:

$$Q_v = \frac{mN_m + 12 \cdot 10^4}{1 - K_p}, \quad (1)$$

где N_m – мощность двигателя силовой установки ССНС, кВт;

m – коэффициент, зависящий от типа передачи, л/кВт·ч, для ССНС с электрической передачей $m=50$, для ССНС с гидравлической передачей и режымным редуктором $m=70$;

$K_p=0,1$ – коэффициент, учитывающий затраты воздуха на регенерацию адсорбента в компрессорных установках с адсорбционными блоками;

4.1.2 Общий расход воздуха Q_v , л/ч, для ССНС категории Б определяют по формуле:

$$Q_v = \frac{18,8I_m' + 5 \cdot 10^4}{1 - K_p}, \quad (2)$$

где I_m' – объем тормозной пневмосистемы хозяйственного поезда, л, определяемый по формуле:

$$I_m' = I_{mm}' + I_{ms}', \quad (3)$$

где I_{mm}' – объем тормозной магистрали ССНС, л, определяемый по формуле:

$$I_{mm}' = I_{sp}' + I_{\gamma}' + 0,785 \cdot d_m^2 \cdot l_{\gamma} K_{\gamma m} \cdot 10^{-6}, \quad (4)$$

где I_{sp}' – объем запасного резервуара, л;

I_{γ}' – объем резервуаров управления, л;

d_m – внутренний диаметр тормозной магистрали, мм, определяемый по ОСТ 32.92;

l_{γ} – длина машины по осям автосцепки, мм;

$K_{\gamma m} = 1,5$ – конструктивный коэффициент запаса на прокладку магистральных воздухопроводов и отводов;

I_{mc}' – объем тормозной магистрали состава, л, определяют по формуле:

$$I_{mc}' = z_s \cdot I_o', \quad (5)$$

где I_o' – объем тормозной магистрали одной единицы прицепной нагрузки, л;

z_n – количество единиц прицепной нагрузки, шт.

4.2 Исходные данные и расчетные зависимости для определения расхода воздуха при выполнении ССПС технологических работ с составами, не имеющими пневмоприводов рабочих органов

4.2.1 Общий расход воздуха Q_o , л/ч, на ССПС категории Б определяют по формуле:

$$Q_o = \frac{13,5I'_{m_i} + 33,6Z_{nm_i}I'_{nm_i} + 5 \cdot 10^3}{1 - K_p}, \quad (6)$$

где Z_{nm_i} – количество тормозных цилиндров на ССПС, шт;

I'_{nm_i} – объем тормозных цилиндров на ССПС, л.

4.2.2 Общий расход воздуха Q_o , л/ч, на ССПС категории А определяют по формуле:

$$Q_o = \frac{18,8I'_{m_i} + 5,4I'_{nm_i} + 12 \cdot 10^3}{1 - K_e}, \quad (7)$$

где I'_{nm_i} – объем питательной магистрали ССПС, л.

4.3 Исходные данные и расчетные зависимости для определения расхода воздуха при выполнении ССПС технологических работ с обеспечением сжатым воздухом пневмоприводов рабочих органов

4.3.1 Общий расход воздуха Q_o , л/ч, в поездах типа снегоуборочных, где при выполнении технологических операций рабочие органы изменяют свое пространственное положение, определяют по формуле:

$$Q_o = \frac{18,8I'_{m_i} + 5,4I'_{nm_i} + 14,1I'_{nm_i} + 2,2\sum(GS_{n_i}) + 11,2\sum(GAS_{n_i}) + 12 \cdot 10^3}{1 - K_p}, \quad (8)$$

где I'_{nm_i} – объем ресиверов и воздухопроводов технологической пневмосистемы, л;

G – механические нагрузки, создаваемые рабочими органами и приведенные к поршням пневмоцилиндров с учетом кинематических соотношений и сил трения, тс;

S_n – полный ход поршней пневмоцилиндров рабочих органов, см;

ΔS_n – регулировочные ходы поршней пневмоцилиндров, см.

4.3.2 Общий расход воздуха Q_o , л/ч, в поездах типа рельсошлифовальных, где при выполнении технологических операций изменяется нагрузка на рабочие органы без изменения их пространственного положения, определяют по формуле:

$$Q_o = \frac{18,8I'_m + 5,4I'_{nc} + 13,5I'_{mi} + 2,2z_{nc}V'_{nc}(P_1 + P_2 + 240 \cdot 10^3) + 12 \cdot 10^3}{1 - K_p}, \quad (9)$$

где z_{nc} – количество пневмоцилиндров одинаковых размеров в поезде, шт;

V'_{nc} – объем полости пневмоцилиндра без штока при крайнем положении поршня, л;

P_1 – давление сжатого воздуха в рабочих полостях пневмоцилиндров, МПа;

P_2 – давление сжатого воздуха в смежных с рабочими полостями пневмоцилиндров, МПа;

ΔP_2 – изменение давлений в полостях пневмоцилиндров при регулировке прижатия шлифовальных кругов к рельсам, МПа.

Примечание – При размещении компрессоров вне машинных отделений ССПС, когда температура на всасывании компрессоров и в местах расходования воздуха одинакова, расход воздуха по формулам (1,2,6,7,8,9) может быть уменьшен на 10%. В этих же формулах для ССПС без адсорбционных блоков в составе компрессорных установок $K_p = 0$.

5 Методика расчета параметров компрессорных установок ССПС

5.1 Взаимосвязь производительности и давления нагнетания компрессоров, объема главных резервуаров и уровня давлений в них с расходом воздуха, характеристиками привода компрессоров и режимами их работы на ССПС устанавливают следующими расчетными зависимостями:

а) Производительность компрессора Q , м³/мин, определяют по формуле:

$$Q = \frac{Q_0 \cdot \delta_\lambda \cdot \varepsilon \cdot K_\lambda}{60 \cdot \lambda \cdot 10^3}, \quad (10)$$

где Q – наибольший из рассчитанных по формулам (1,2,6,7,8,9) среднечасовой расход воздуха при выполнении поездной и технологических работ, л/ч;

ε – коэффициент, учитывающий допустимый режим работы компрессора по продолжительности включения и неравномерность расхода воздуха по отношению к среднечасовому. Для транспортных поршневых компрессоров с воздушным охлаждением, рассчитанных на повторно-кратковременный режим работы с относительной продолжительностью включения не более 50%, рекомендуется принимать $3 > \varepsilon \geq 2$;

λ – относительный коэффициент производительности, равный отношению коэффициентов производительности при минимальной и максимальной частотах вращения вала компрессора на ССПС. Для поршневых компрессоров при $\delta_\lambda \leq 3$ рекомендуется принимать $\lambda = 1$;

K_λ – коэффициент, учитывающий возможное снижение производительности компрессора в эксплуатации от износа, K_λ принимают от 1,05 до 1,1;

δ_λ – относительный диапазон изменения частоты вращения вала компрессора на ССПС, зависящий от типа его привода, определяют по формуле:

$$\delta_\lambda = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_{\max} \cdot i_{\max}}{n_{\min} \cdot i}, \quad (11)$$

где $n_{\max}$ – максимальная рабочая частота вращения вала компрессора, мин⁻¹;

$n_{\min}$ – минимальная рабочая частота вращения вала компрессора, мин⁻¹;

$n_{\max}$ – максимальная рабочая частота вращения вала двигателя силовой установки на ССПС, мин⁻¹;

$n_{\min}$ – минимальная рабочая частота вращения вала двигателя силовой установки на ССПС, мин⁻¹;

$i_{\max}$ – передаточное отношение привода компрессора при максимальной

рабочей частоте вращения вала двигателя на ССПС,

i_p – передаточное отношение привода компрессора при минимальной рабочей частоте вращения вала двигателя на ССПС;

В общем случае для привода компрессоров от двигателей силовых установок:

$\delta_\lambda = \delta_p$ – при механическом приводе (редукторы, клиноременные передачи) с постоянным передаточным отношением ($i_p = i_q$);

$\delta_p > \delta_\lambda > 1$ – в приводе с регулируемой гидромуфтой;

$\delta_\lambda = 1$ – при обеспечении выбранным приводом постоянной частоты вращения вала компрессора на рабочем ходу (режим подачи воздуха) при всех скоростных режимах работы силовой установки, например, электрический привод с постоянным напряжением питания.

б) Конечное давление нагнетания компрессора P_{kv} , МПа, определяют по формуле:

$$P_{kv} = P_{ar} + P_i + \Delta P_{ps}, \quad (12)$$

где P_{ar} – верхний предел регулирования давления воздуха в главных резервуарах, МПа;

P_i – сопротивление участка пневмоаппаратуры от выходного фланца компрессора до места установки регулятора давления, МПа;

ΔP_{ps} – допуск на погрешность регулирования в сторону увеличения давления воздуха в главных резервуарах, МПа.

Избыточное давление P_{ar} , МПа, для ССПС категории А принимают 0,9; категории Б – 0,8. В соответствии с инструкцией по эксплуатации тормозов [2] погрешность регулирования давления не должна превышать $\pm 0,02$ МПа.

5.2 Порядок выбора компрессоров

5.2.1 В зависимости от принятого на ССПС энергоснабжения вспомогательных агрегатов и конструктивной целесообразности предварительно оп-

ределяют тип привода компрессора и диапазон изменения частоты его вращения δ .

5.2.2 По формуле (10) определяют производительность компрессора. Из ряда выпускаемых по ГОСТ 10393 компрессоров (приложение А) выбирают компрессор, паспортная производительность которого $Q_{\text{п}}$ равна или превосходит расчетную $Q \leq Q_{\text{п}}$. Допускается выбирать два одинаковых компрессора с суммарной производительностью не ниже расчетной.

Для ССПС категории А выбирают компрессор с конечным давлением нагнетания от 0,9 до 1,0 МПа, категории Б – от 0,8 до 0,9 МПа.

5.3 Объем главных резервуаров

5.3.1 Требуемый объем главных резервуаров $V_{\text{г}}$, м³, определяют по формуле:

$$V_{\text{г}} = \alpha \cdot \beta \cdot \frac{60 \cdot Q_{\text{п}} \cdot P_{\text{г}} \cdot T_{\text{г}}}{(P_{\text{эф}} - P_{\text{н}}) \cdot T_{\text{н}} \cdot Z_{\text{ц}}}, \quad (13)$$

где $Q_{\text{п}}$ – производительность выбранного компрессора, м³/мин,

$P_{\text{г}} = 0,1$ МПа – атмосферное давление окружающего воздуха,

$P_{\text{н}}$ – нижний предел регулирования давления воздуха в главных резервуарах, МПа;

$P_{\text{эф}} - P_{\text{н}}$ – диапазон регулирования давлений, МПа, принимают равным 0,15 для КУ с отключаемым приводом компрессора и от 0,1 до 0,15 – с неотключаемым;

$T_{\text{н}}$ – температуры воздуха на всасывании компрессора, К;

$T_{\text{г}}$ – температуры воздуха в главных резервуарах (принимают в среднем на 10 градусов выше окружающей), К,

$Z_{\text{ц}}$ – количество циклов регулирования компрессора, которое при любом типе привода компрессора принимают не более 30 циклов в час;

α – относительная продолжительность периодов подачи воздуха компрессором, вычисляемая по формуле:

$$\alpha = \frac{Q}{60 \cdot Q_n \cdot 10^3} \quad (14)$$

β – относительная продолжительность перерывов в подачи воздуха компрессором, вычисляемая по формуле

$$\beta = 1 - \alpha, \quad (15)$$

5.3.2 Требуемый объем главных резервуаров обеспечивают набором резервуаров одного нормированного габарита (ГОСТ 1561, ОСТ 32.48), которые располагают последовательно по направлению движения воздуха.

5.4 Средства очистки и осушки сжатого воздуха

5.4.1 На ССНС, в техническое задание на создание или модернизацию которых включено требование о недопущении вынаждения капельной влаги в пневмосистемах (печенье классы загрязненности по ГОСТ 17433), в состав компрессорных установок рекомендуется включать адсорбционные блоки. Параметры и габариты рекомендуемых для ССНС адсорбционных блоков должны соответствовать параметрам компрессоров и приведены в приложении Б.

5.4.2 Расход воздуха через адсорбционный блок в рабочем режиме принимают равным производительности компрессора.

5.4.3 Расход осушенного и сжатого воздуха через адсорбционный блок в режиме регенерации Q_r , м³/мин, определяют по формуле

$$Q_r = Q_n \cdot \frac{P_v + P_{\text{г}}}{P_v + P_{\text{н}}} \quad (16)$$

где $P_{\text{г}}$ – абсолютные значения верхнего предела регулирования давления воздуха в главных резервуарах, МПа

$P_{\text{н}}$ – абсолютные значения нижнего предела регулирования давления воздуха в главных резервуарах, МПа

$M_{\text{а}}$ – сопротивление адсорбционного блока, МПа

Регенерация адсорбента осуществляется автоматически в течение части периода холостого хода компрессора (при $\alpha < \beta$) равного продолжитель-

сти периода подачи.

При отсутствии в техническом задании вышеупомянутых требований к качеству сжатого воздуха в качестве средств его очистки и осушки допускаются использовать главные резервуары и устанавливаемые за ними фильтры (влагомаслоотделители) без адсорбционных блоков.

5.5 Режимы работы компрессорной установки

5.5.1 После выбора параметров компрессорной установки выполняют приближенную оценку усредненных режимов ее работы по следующим зависимостям:

а) продолжительность периодов подачи τ_n , с, воздуха компрессором вычисляют по формуле:

$$\tau_n = \frac{60 \cdot V_{\text{с}} \cdot (P_{\text{сп}} - P_{\text{св}})}{P_{\text{с}} \cdot (Q_{\text{сн}} - Q_{\text{с}} \cdot 6^{-1} \cdot 10^{-4})}, \quad (17)$$

б) продолжительность перерыва в подаче $\tau_{\text{нп}}$, с, воздуха вычисляют по формуле:

$$\tau_{\text{нп}} = \frac{60 \cdot V_{\text{с}} \cdot (P_{\text{сп}} - P_{\text{св}})}{P_{\text{с}} \cdot Q_{\text{с}} \cdot 6^{-1} \cdot 10^{-4}}, \quad (18)$$

в) продолжительность цикла $\tau_{\text{ц}}$, с, между смежными включениями компрессора вычисляют по формуле:

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_n + \tau_{\text{нп}}, \quad (19)$$

г) количество циклов $Z_{\text{ц}}$ регулирования компрессора вычисляют по формуле:

$$Z_{\text{ц}} = \frac{3600}{\tau_{\text{ц}}} = \frac{3600}{\tau_n + \tau_{\text{нп}}}, \quad (20)$$

Средняя относительная продолжительность включения α выбранной КУ не должна превышать 0,5, а количество циклов регулирования за 1 час работы $Z_{\text{ц}}$ не должно превышать – 30.

Примеры расчета параметров КУ приведены в приложениях В, Г, Д.

Приложение А
(рекомендуемое)

Номинальные параметры и характеристики типоразмеров поршневых компрессоров для железнодорожного подвижного состава

Таблица А.1

Наименование параметра, единицы измерения	Тип компрессора		
	ВЗ0,8/8-720	ВЗ1,2/8-1100	ВУ3,5/10-1450
Производительность, при- веденная к условиям всасывания, м ³ /мин	0,8	1,2	3,5
Конечное давление нагне- тания (избыточное), МПа	0,8	0,8	1,0
Частота вращения, мин ⁻¹	720	1100	1450
Потребляемая мощность, кВт	6,4	9,6	29,5
Число ступеней сжатия	1	1	2
Число цилиндров	2	2	2
Смазка	Разбрызгиванием		Под давлением и разбрызгиванием
Охлаждение	Воздушное естественное	Воздушное с принудительным обдувом	
Габариты, мм	575х300х635	500х480х647	666х904х972
Масса, кг	100	134	310
Комплект поставки	Компрессор, воздушный и масляный филь- тры, средства контроля уровня и давления мас- ла (при наличии насоса), предохранительный межступенчатый клапан, исполнительные устройства для регулирования производи- тельности или снижения пускового момента компрессора*, электронагреватели масла*, приводные шкивы*, ЗИП, паспорт.		
* По заказу потребителя			

Приложение Б
(рекомендуемое)

Характеристики адсорбционных блоков

Таблица Б 1

Наименование параметра, единицы измерения	Марки адсорбционных блоков		
	№ 660	БОСВ 1,0/9	БОСВ 3,5/9
Номинальный расход осушаемого воздуха, м ³ /мин	0,5	1,0	3,5
Допустимый рабочий расход осушаемого воздуха, м ³ /мин	0,4–0,8	0,8–1,6	3–4
Максимальное давление (избыточное) осушаемого воздуха, МПа	0,9	1,0	1,0
Сопротивление в режиме осушки, МПа, не более	0,01	0,01	0,01
Степень осушки сжатого воздуха	Температура точки росы осушенного воздуха при рабочем давлении в питательной магистральной не менее чем на 5 °С ниже температуры атмосферного воздуха		
Степень очистки сжатого воздуха от минерального масла и механических примесей, мг/м ³	Суммарное содержание в сжатом воздухе аэрозольного масла и твердых примесей не более 20 мг на 1 м ³ всасываемого воздуха		
Допустимая температура сжатого воздуха на входе в адсорбционный блок, °С	От минус 60 до +50		

Наименование параметра, единицы измерения	Марки адсорбционных блоков		
	№ 660	БОСВ 1,0/9	БОСВ 3,5/9
Марка адсорбента	Силикагели КСКГ, КСМГ по ГОСТ 3956		
Габариты, мм	720x420 (с охладителем воздуха и емкостью регенерации)	560x282x243 (с дренажным клапаном)	560x396x283 (с дренажным клапаном)
Режим работы	Автоматический в соответствии с режимом работы компрессора		
Режим регенерации	На части холостого хода компрессора		
Комплект поставки	Блок в составе: адсорбер, дроссель, воздухоохладитель, дренажный клапан, емкость регенерации	Блок в составе: адсорбер, дроссель, дренажный клапан пневматический или электропневматический (по заказу)	
Требования к установке	До первого главного резервуара, вертикально, дренажным клапаном вниз		

Приложение В

(справочное)

**Пример расчета параметров компрессорной установки для ССПС
категории Б**

В.1 Определение параметров КУ для проектируемой ремонтно-восстановительной автомотрисы РВА (марка принята условно)

В.1.1 Исходные данные:

-длина автомотрисы, мм	–	12000
-масса прицепной нагрузки, т	–	40
-привод компрессора	–	механический от ДВС
- частота вращения вала ДВС, об/мин	–	от 650 до 1500
- тормозные цилиндры	–	2 цилиндра 508Б
- пневмопривод рабочих органов	–	пневмопривод не предусмотрен
-качество сжатого воздуха	–	по 7 классу ГОСТ 17433
-температура воздуха на всасывании компрессора	–	на 20 - 30 °С выше температуры атмосферного воздуха

В.1.2 Определение объема тормозной пневмосистемы поезда

На основании исходных данных в качестве расчетной прицепной нагрузки принимается один 4-осный вагон с объемом тормозной пневмосистемы 102 л. Суммарный объем запасного резервуара и резервуара управления на РВА принимается равным 70 л, а внутренний диаметр воздухопровода по ОСТ 32.92 – 27 мм. Объем тормозной пневмосистемы V_T , л, поезда определяют по формулам (3,4,5):

$$V_T = 70 + 0,785 \cdot 27^2 \cdot 12000 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 + 102 = 182$$

В.1.3 Определение общего расхода воздуха

В.1.3.1 Общий расход воздуха Q_0 , л/ч, при выполнении РВА поездной работы определяют по формуле (2):

$$Q_o = \frac{18,8 \cdot 182 + 5 \cdot 10^4}{1 - 0,1} = 9357$$

В.1.3.2 Общий расход воздуха Q_o , л/ч, при выполнении РЗА технологических работ определяют по формуле (6):

$$Q_o = \frac{13,5 \cdot 182 + 33,6 \cdot 2 \cdot 12,1 + 5 \cdot 10^4}{1 - 0,1} = 9189$$

В.1.3.3 Большой расход воздуха соответствует поездной работе автомотрисы и по нему определяют параметры компрессорной установки.

В.1.4 Минимально необходимую производительность Q_k , м³/мин, компрессора определяют по формуле (10):

$$Q_k = \frac{9357 \cdot 2,3 \cdot 2,0 \cdot 1,05}{60 \cdot 1 \cdot 10^3} = 0,753$$

В.1.5 Выбор компрессора

В.1.5.1 Для разрабатываемой автомотрисы выбирается компрессор ВЗ0,8/8-720 с номинальной производительностью $Q_n = 0,8$ м³/мин, наиболее близкой к расчетной. При минимальной частоте вращения двигателя силовой установки РЗА производительность компрессора с механическим приводом составляет $Q_n = 0,8 \cdot 650 : 1500 = 0,347$ м³/мин.

Другие параметры и характеристики выбранного компрессора представлены в приложении А и соответствуют требованиям ГОСТ 10393.

В.1.5.2 Относительную продолжительность периодов подачи α воздуха компрессором определяют по формуле (14):

а) при минимальной частоте вращения вала ДВС

$$\alpha' = \frac{9357}{60 \cdot 0,347 \cdot 10^3} = 0,45$$

б) при максимальной частоте вращения вала ДВС

$$\alpha = \frac{9357}{60 \cdot 0,8 \cdot 10^3} = 0,195$$

В.1.5.3 Относительную продолжительность перерывов в подаче определяют по формуле (15):

а) при минимальной частоте вращения вала ДВС

$$\beta' = 1 - 0,45 = 0,55$$

б) при максимальной частоте вращения вала ДВС

$$\beta = 1 - 0,195 = 0,805$$

В 1.6. Определение объема главных резервуаров и уровня давлений воздуха в них

В 1.6.1 Верхний предел регулирования давления воздуха $P_{вр}$, МПа, предварительно приняв $P_c = \Delta P_{рл} = 0,02$ МПа, определяют по формуле (12)

$$P_{вр} = 0,8 - 0,02 - 0,02 = 0,76$$

В 1.6.2 Нижний предел регулирования $P_{нр}$, МПа, выбирают в соответствии с рекомендациями пункта 5.4:

$$P_{нр} = 0,63$$

В 1.6.3 Минимально необходимый объем главных резервуаров V_p , m^3 , предварительно приняв в соответствии с рекомендациями пункта 5.4 количество циклов регулирования компрессора равным 30 в час, отношение температур $T_{гр}/T_{вс} \approx 1$, атмосферное давление $P_a = 0,1$ МПа, определяют по формуле (13):

а) при минимальной частоте вращения вала ДВС

$$V_p' = 0,45 \cdot 0,55 \cdot \frac{60 \cdot 0,347 \cdot 0,1 \cdot 1}{(0,76 - 0,63) \cdot 30} = 0,132$$

б) при максимальной частоте вращения вала ДВС

$$V_p = 0,195 \cdot 0,805 \cdot \frac{60 \cdot 0,8 \cdot 0,1 \cdot 1}{(0,76 - 0,63) \cdot 30} = 0,193$$

В 1.6.4 Объем главных резервуаров выбирают по большему расчетному. С наибольшим приближением к расчетным значениям выбираются два главных резервуара по ОСТ 32.48 объемом $0,1 m^3$ каждый и рассчитанных на избыточное давление воздуха 1,0 МПа

В 1.7 Для обеспечения заданных требований к качеству сжатого воздуха по известной производительности и давлению нагнетания компрессора

для автономной работы выбирают адсорбционный блок условный №660 с характеристиками по приложению Б

В.1.8 Определение усредненных режимов работы КУ

В.1.8.1 Режимы работы определяют по формулам (17,18,19,20), подставляя в них фактические параметры выбранных элементов КУ. Характеристики КУ и режимы ее работы на автономной работе при максимальном среднечасовом расходе воздуха представлены в таблице В.1

Таблица В.1

Наименование параметра	Значение параметра при:	
	$n = 650 \text{ мин}^{-1}$	$n_2 = 1500 \text{ мин}^{-1}$
Частота вращения вала компрессора, мин^{-1}	312	721
Передаточное отношение привода	2,08	
Продуктивность компрессора, $\text{м}^3/\text{мин}$	0,347	0,8
Объем главных резервуаров, м^3	0,1х2-0,2	
Давление воздуха в главных резервуарах, МПа	0,63 - 0,76	
Средняя продолжительность, с		
-периода подачи воздуха компрессором	81,7	24,2
-перерыва в подаче	100	100
-работы цикла	181,7	124,2
Количество циклов регулирования компрессора в час	19,8	29
Относительная продолжительность периодов подачи воздуха компрессором	0,45	0,195
Суммарное содержание твердых примесей и масла в воздухе за адсорбционным блоком	Не более $20 \text{ мг}/\text{м}^3$, что соответствует 7 классу ГОСТ 17433	
Степень осушки сжатого воздуха за адсорбционным блоком	Температура точки росы на 5°C ниже температуры атмосферного воздуха, что лучше требований 7 класса ГОСТ 17433 и исключает выпадение жидкой влаги	

В.1.8.2 Выбранные параметры компрессора, его привода, главных резервуаров, средств очистки и осушки обеспечивают потребность автономной работы в сжатом воздухе, необходимый уровень его давления и качества при допустимых режимах работы компрессорной установки

Приложение Г

(справочное)

**Пример расчета параметров компрессорной установки для ССПС
категории А**

Г 1 Определение параметров КУ для тягового модуля, предназначенного для обслуживания с энергоснабжением небензочистительных машин ЦОМ-6, СЧ-600 с пневматизированными составами для засорителей, выполнения поездной работы в составе хозяйственных поездов

Г 1.1 Исходные данные

– мощность двигателя силовой установки, кВт	–	630
– длина тягового модуля, мм	–	16300
– тип передачи	–	электрическая
– суммарный объем резервуаров запасаемого и управления на модуле, л	–	118
– привод компрессора	–	электрический с постоянной частотой вращения
– температура воздуха на всасывании компрессора	–	на 20-30 °С выше окружающей
– пневмопривод рабочих органов	–	пневмопривод не предусмотрен
– качество сжатого воздуха	–	По 7 классу ГОСТ 17433
– объем питательной магистрали ЦОМ-6У, л	–	614
– объем тормозной магистрали ЦОМ-6У и одиннадцати спецвагонов, л	–	1230

Г 1.2 Определение объема тормозной пневмосистемы поезда V_{Σ} , л, при выполнении технологической работы с учетом исходных данных выполняют

по формулам (3.4):

$$I_m' = 118 + 0,785 \cdot 27^2 \cdot 16300 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 + 1230 = 1362$$

Г.1.3 Определение общего расхода воздуха

Г.1.3.1 Общий расход воздуха Q_o , л/ч, при выполнении поездной работы определяют по формуле (1):

$$Q_o = \frac{50 \cdot 630 + 12 \cdot 10^3}{1 - 0,1} = 48333$$

Г.1.3.2 Общий расход воздуха Q_o , л/ч, при выполнении технологических работ определяют по формуле (7):

$$Q = \frac{18,8 \cdot 1362 + 5,4 \cdot 614 + 12 \cdot 10^3}{1 - 0,1} = 45468$$

Г.1.3.3 Больший расход воздуха соответствует поездной работе тягового модуля и для этого расхода определяют параметры компрессорной установки.

Г.1.4 Определение минимально необходимой производительности и давления нагнетания компрессора

Г.1.4.1 Минимально необходимую производительность Q_k , м³/мин, компрессора, предварительно приняв $\delta_c = 1$, $\varepsilon = 2,4$, $K_c = 1,1$ определяют по формуле (10)

$$Q_k = \frac{48333 \cdot 1 \cdot 2,4 \cdot 1,1}{60 \cdot 1 \cdot 10^3} = 2,1$$

Г.1.4.2 Давление нагнетания компрессора $P_{нк}$, МПа, с учетом рекомендаций пункта 5.16 по величине верхнего и нижнего пределов регулирования давлений воздуха в главных резервуарах тяговых модулей, приняв $P_c = \Delta P_{рд} = 0,02$ МПа, определяют по формуле (12):

$$P_{нк} = 0,94 + 0,02 + 0,02 = 0,98$$

Г.1.4.3 Нижний предел регулирования $P_{нр}$, МПа, в соответствии с рекомендациями пункта 5.4 принимаем

$$P_{нр} = 0,75$$

Г.1.5 Выбор компрессора

Г.1.5.1 Для тягового модуля, сравнивая минимально необходимую расчетную производительность Q_k с параметрами выпускаемых компрессоров по приложению А, выбирается компрессор ВУ3,5/10-1450 с номинальной производительностью $Q_{кн}=3,5 \text{ м}^3/\text{мин}$ и давлением нагнетания $P_n=1,0 \text{ МПа}$.

Г.1.5.2 Относительную продолжительность периодов подачи α воздуха компрессором определяют по формуле (14):

$$\alpha = \frac{48333}{60 \cdot 3,5 \cdot 10^3} = 0,23$$

Г.1.5.3 Относительную продолжительность перерывов в подаче определяют по формуле (15):

$$\beta = 1 - 0,23 = 0,77$$

Г.1.6 Минимально необходимый объем главных резервуаров V_p , м^3 , предварительно приняв отношение температур $T_{гр}/T_{вс} \cong 1$, атмосферное давление $P_a=0,1 \text{ МПа}$, количество циклов регулирования компрессора равным 25 в час, определяют по формуле (13):

$$V_p = 0,23 \cdot 0,77 \cdot \frac{60 \cdot 3,5 \cdot 0,1}{(0,9 - 0,75) \cdot 25} = 0,99$$

С наибольшим приближением к расчетным значениям для тягового модуля выбираем четыре главных резервуара по ГОСТ 32.48 объемом 250 л каждый и рассчитанных на избыточное давление 1,0 МПа.

Г.1.7 Для обеспечения заданных требований к качеству сжатого воздуха по известной производительности и давлению нагнетания компрессора для тягового модуля выбирают адсорбционный блок БОСВ 3,5/9 с характеристиками по приложению Б.

Г.1.8 Усредненные режимы работы компрессорной установки

Г.1.8.1 Режимы работы определяют по формулам (17,18,19,20), подставляя в них фактические параметры выбранных элементов КУ. Характеристики КУ и режимы ее работы на тяговом модуле при максимальном среднее-

РД 32.187–2001

часовом расходе воздуха представлены в таблице Г.1

Таблица Г.1

Наименование параметра	Значение параметра
Частота вращения вала компрессора во всем скоростном диапазоне ДВС силовой установки, мин ⁻¹	1450±30
Производительность компрессора, м ³ /мин	3,5
Объем главных резервуаров, м ³	0,25 х 4 – 1
Давление воздуха в главных резервуарах, МПа	0,75– 0,9
Средняя продолжительность, с	
-периода подачи воздуха компрессором	33,3
-перерыва в подаче (остановки)	112,5
-рабочего цикла	145,8
-периода регенерации адсорбента	33,3
Количество циклов регулирования компрессора в час	24,7
Относительная продолжительность периодов подачи воздуха компрессором	0,23
Суммарное содержание твердых примесей и масла в воздухе за адсорбционным блоком	Не более 20 мг/м ³ , что соответствует 7 классу ГОСТ 17433
Степень осушки сжатого воздуха за адсорбционным блоком	Температура точки росы на 5 °С ниже температуры атмосферного воздуха, что лучше требований 7 класса ГОСТ 17433 и исключает выпадение жидкой влаги

Г.1.8.2 Выбранные параметры КУ обеспечивают потребности тягового модуля в качественном сжатом воздухе при допустимых режимах работы компрессорной установки

$D_{и}=356$ мм, $S_{и}=300$ мм; четыре цилиндра боковых лодоскалывателей $D_{и}=203$ мм, $S_{и}=230$ мм; цилиндр поворота козырька $D_{и}=203$ мм, $S_{и}=150$ мм; два цилиндра выравнивающего устройства $D_{и}=120$ мм, $S_{и}=160$ мм; четыре цилиндра стопера $D_{и}=120$ мм, $S_{и}=120$ мм

-приведенная к поршням пневмоцилиндров механическая нагрузка, тс

а) при подъеме шгателя и

крыльев — 3

б) при повороте крыльев — 1,3

Д.1.2 Общий расход воздуха Q , л/ч, при технологической работе ССК определяем по формуле (8):

$$Q_o = \frac{18,8 \cdot 750 + 14,1 \cdot 2000 + 2,2 \cdot \sum_1^4 (3 \cdot 52) + 11,2 \cdot \sum_1^2 (1,3 \cdot 26) + 12 \cdot 10^3}{1 - 0,1} = 63081$$

Д.1.3 Определение минимально необходимой производительности компрессора и давления питания компрессора

Д.1.3.1 Минимально необходимую производительность компрессора Q_k , м³/мин, определяют по формуле (10)

$$Q_k = \frac{63081 \cdot 1,0 \cdot 2,2 \cdot 1,1}{60 \cdot 1 \cdot 10^4} = 2,54$$

Д.1.3.2 Давление питания компрессора $P_{нк}$, МПа, с учетом рекомендаций пункта 5.1б по величине верхнего и нижнего пределов регулирования давлений воздуха в главных резервуарах ССК, приняв $P_c = \Delta P_{ра} = 0,02$ МПа, определяют по формуле (12).

$$P_{нк} = 0,9 + 0,02 + 0,02 = 0,904$$

Д.1.3.3 Нижний предел регулирования $P_{\text{нр}}$, МПа, в соответствии с рекомендациями пункта 5.4 принимаем

$$P_{\text{нр}}=0,75$$

Д.1.4 Выбор компрессора

Д.1.4.1 Для ССК, сравнивая минимально необходимую расчетную производительность Q_k с параметрами выпускаемых компрессоров по приложению А, выбирается компрессор ВУЗ.5/10-1450 с номинальной производительностью $Q_{\text{кн}}=3,5 \text{ м}^3/\text{мин}$ и давлением питания $P_{\text{н}}=1,0 \text{ МПа}$

Д.1.4.2 Относительную продолжительность периодов подачи α воздуха компрессором определяют по формуле (14):

$$\alpha = \frac{63081}{60 \cdot 3,5 \cdot 10^3} = 0,3$$

Д.1.4.3 Относительную продолжительность перерывов в подаче определяют по формуле (15):

$$\beta = 1 - 0,3 = 0,7$$

Д.1.5 Минимально необходимый объем главных резервуаров $V_{\text{гп}}$, м^3 , предварительно приняв отношение температур $T_{\text{гп}}/T_{\text{нс}} \approx 1,03$, атмосферное давление $P_{\text{а}}=0,1 \text{ МПа}$, количество циклов регулирования компрессора равным 30 в час, определяют по формуле (13):

$$V_{\text{гп}} = 0,3 \cdot 0,7 \cdot \frac{60 \cdot 3,5 \cdot 0,1 \cdot 1,03}{(0,9 - 0,75) \cdot 30} = 1,0$$

С наибольшим приближением к расчетным значениям для ССК выбираем четыре главных резервуара по ОСТ 32.48 объемом 250 л каждый и рассчитанных на избыточное давление 1,0 МПа.

Д.1.6 Для обеспечения заданных требований к качеству сжатого воздуха по известной производительности и давлению питания компрессора для ССК выбирают адсорбционный блок БОСВ 3,5/9 с характеристиками по приложению Б

Д.1.7 Усредненные режимы работы компрессорной установки

Д 1 7 1 Режимы работы определяют по формулам (17,18,19,20), подставляя в них фактические параметры выбранных элементов КУ. Характеристики КУ и режимы ее работы на ССК при максимальном среднечасовом расходе воздуха представлены в таблице Д 1.

Таблица Д 1

Наименование параметра	Значение параметра
Частота вращения вала компрессора во всем скоростном диапазоне ДВС силовой установки, мин ⁻¹	1450±30
Производительность компрессора м ³ /мин	3,5
Объем главных резервуаров м ³	0,25 х 4 = 1
Давление воздуха в главных резервуарах МПа	0,75 - 0,9
Средняя продолжительность с	
- периода подачи воздуха компрессором	36,7
- перерыва в подаче (остановки)	85,7
- рабочего цикла	122,4
- периода регенерации адсорбента	36,7
Количество циклов регулирования компрессора в час	29,4
Относительная продолжительность периодов подачи воздуха компрессором	0,3
Суммарное содержание твердых примесей и масла в воздухе за адсорбционным блоком	Не более 20 мг/м ³ , что соответствует 7 классу ГОСТ 17433
Степень осушки сжатого воздуха за адсорбционным блоком	Температура точки росы на 5 °С ниже температуры атмосферного воздуха, что лучше требований 7 класса ГОСТ 17433 и исключает выпадение жидкой влаги

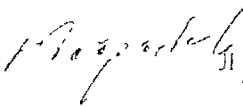
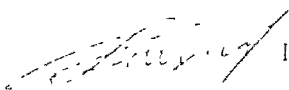
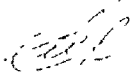
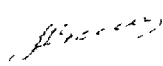
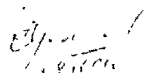
Д 1 7 2 Выбранные параметры КУ обеспечивают потребности самоходного снегоуборочного комплекса в качественном сжатом воздухе при допустимых режимах работы компрессорной установки.

Приложение Е
(справочное)

Библиография

- [1] ЦРБ-756 Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации
Утверждены МПС России 26.05.2000 г.
- [2] ЦП-ИДТ-
ЦВ-797 Инструкция по эксплуатации тормозов специального подвижного состава железных дорог
Утверждена МПС России 04.10.2000 г.

Государственное унитарное предприятие Всероссийский научно – исследовательский институт тепловозов и путевых машин Министерства путей сообщения Российской Федерации (ГУИВППИ МПС России)

Заместитель директора к.т.н.		А.К. Добрынин
Заведующий отделением путевых машин		Ю.Д. Расходчиков
Заведующий группой стандартизации		С.Н. Мельников
Заведующий отделом вспомогательных систем и агрегатов		Н.Н. Родионов
Начальник лаборатории компрессорных установок		А.Н. Занольский
Ведущий научный сотрудник к.т.н.		А.Н. Мамылин

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МПС РОССИИ)

УКАЗАНИЕ

" 27" декабря 2001 г.

Москва

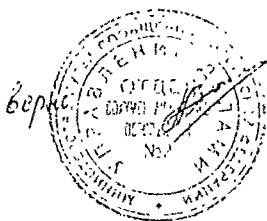
№ С-1987у

В целях применения единых методов расчета расхода воздуха и параметров компрессорных установок специального подвижного состава:

Утвердить и ввести в действие с 1 июля 2002 г. руководящий документ РД 32.187-2001 «Параметры, методы расчета компрессорных установок специального самоходного подвижного состава».

Приложение: РД 32.187-2001 на 33 л.

Заместитель Министра



В.Т.Семенов