

zhenij v inercial'nom prostranstve // Izvestija vuzov. Geodezija i ajerofotos#jomka. – 2010. – №4. – S.58-61.

17. Behtin Ju.S., Emel'janov S.G., Titov D.V. Teoreticheskie osnovy cifrovoj obrabotki izobrazhenij vstraivaemyh optiko-elektronnyh sistem: monografija. – M.: ARGAMAK-MEDIA, 2016. – 296 s.

18. Metody i sistemy cifrovoj obrabotki ajerokosmicheskikh izobrazhenij: monografija / S.G. Emel'janov, E.A. Kudrjashov, S.G. Miroshnichenko, V.S. Titov. – Novosibirsk, 2012. – 175 s.

19. Algoritm dekodirovanija rastrovyyh telematicheskikh dannyh s mnogourovnevoj

segmentaciej polej peremen-noj dliny / S.G. Emel'janov, O.I. Atakishhev, E.A. Titenko, E.I. Altuhov, A.O. Atakishhev // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – №6(51). Ch.2. – S.44-49.

20. Osobennosti primenenija metagramaticheskikh setej v zadachah modelirovanija situacij dlja sistem obrabotki kosmicheskoy monitoringovoj informacii / S.G. Emel'janov, O.I. Atakishhev, V.A. Zaichko, E.I. Altuhov, E.A. Titenko // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – №6(51). Ch.2. – S.9-14.

УДК 635.472.001

С.В. Катунин, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет (Курск)

Н.С. Кобелев, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: tgv_kstu6@yandex.ru)

В.Н. Кобелев, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: tgv_kstu6@yandex.ru)

Е.М. Кувардина, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: tgv_kstu6@yandex.ru)

В.А. Жмакин, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: tgv_kstu6@yandex.ru)

АДСОРБЦИОННАЯ ОСУШКА РЕЦИРКУЛЯЦИОННОГО ВОЗДУХА ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ НАДЕЖНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ

Разработано научно обоснованное энергосберегающее устройство по производству сжатого воздуха в условиях повышенной влажности с поддержанием надежной эксплуатации строительных конструкций, используемых в специальных помещениях, например термокамеры для электрических испытаний электронных изделий. Это достигается путем обработки всасываемого атмосферного воздуха в воздушном фильтре компрессора, в котором используется явление завихрения и термодинамического расслоения с интенсификацией очистки от мелкодисперсных загрязнений в виде пыли и каплеобразной влаги, а также последующей адсорбционной осушкой до достижения нормированных параметров рециркуляционного воздуха, как по чистоте, так и по температуре.

Развита теория присоединенных масс путем включения в определение кинетической энергии движущегося потока атмосферного воздуха, насыщения его твердыми частицами загрязнений (атмосферной и технологической пылью) перед зоной сужения, что позволяет определять скачок скорости потока с последующим выделением теплоты трения.

Представлено экспериментальное подтверждение выявленного явления применительно к теории термодинамического расслоения всасываемого воздуха в вихревой воронке входного отверстия воздушного фильтра компрессора. Полученное расхождение теоретически ожидаемого снижения температуры «холодного» потока с действительным входит в корреляционную погрешность и связано с изменением удельной энтальпии пара, зависящей от погодных-климатических условий эксплуатации строительных предприятий и месторождения карьера.

Новизна конструктивного решения защищена патентом РФ на изобретение.

Ключевые слова: компрессорная установка, специальные помещения, термокамеры для испытания электронных изделий, адсорбционная осушка, масляные загрязнения, строительные конструкции.

Состав атмосферного воздуха, всасываемого в вентилятор, определяется не только объективно существующими факторами (географические, метеорологические), но и технологическими. Основными источниками пылевыведения являются участки поверхности, покрытые мелко взвешенными пылевидными фракциями – насыпи песка и т.д., а также операции, связанные с перемещением сыпучего материала.

Наличие дополнительной влаги в атмосферном воздухе зависит как от погоды – климатических условий (например, для Центрально-чернозёмного района средне-статистические многолетние влагосодержания изменяются от 0,98-8,97 г/кг сухого воздуха), так и технологических особенностей – обработка паром панели когда на 1 куб всасываемого в компрессор воздуха приходится до 5 грамм капельной влаги [1].

Одна из причин интенсивного износа несущих элементов конструкций – циклическое изменение температурно-влажностных показателей паровоздушной среды, что негативно влияет на конструкции вдоль определяющего размера (длина, ширина, высота), особенно в зоне контакта со стеклом.

В развитие теории присоединенных масс [2] полную кинетическую энергию потока атмосферного воздуха, насыщенного твердыми частицами перед зоной сужения, определяем следующим образом:

$$2(E_{ат} + E_{ч}) = \sum(m_{ч} + \xi_{т})v_{ат}v_{ч}, \quad (1)$$

где $E_{ат}$, $E_{ч}$ – кинетическая энергия потока всасываемого воздуха и твердых частиц, находящихся в нем; $v_{ат}$, $v_{ч}$ – скорости течения атмосферного воздуха и твердых

частиц; $\xi_{т}$ – коэффициент присоединения массы;

$$\xi_{т} = \rho_{см} \int_{\varepsilon} \varphi_{ат} d\sigma \text{ и } \rho_{см} = \rho_{ат} + \rho_{ч}, \quad (2)$$

$\rho_{ат}$, $\rho_{ч}$ – плотность воздуха и твердых частиц; $\varphi_{ат}$, $\varphi_{ч}$ – потенциал скоростей течения атмосферного воздуха и твердых частиц; $d\sigma$ – элемент поверхности движущегося потока смеси.

Через площадь сужения одновременно проходит атмосферный воздух и неравномерно рассредоточенные твердые частицы различных масс и объемов. В результате действительное сечение сужения ($F_{суж}$) уменьшается на величину суммарного значения элементарных значений площадей частиц компонентов ($F_{ч}$), которые проходят одновременно с воздухом, что приводит к скачку скорости потока.

Величина скачка скорости потока $\vartheta_{ск}$ определяется как отношение теоретически ожидаемой скорости $\vartheta_{теор}$, рассчитываемой для атмосферного воздуха, без наличия твердых частиц, и коэффициента сужения $K_{суж}$.

$$\vartheta_{ск} = \frac{\vartheta_{теор}}{K_{суж}}, \quad (3)$$

$$K_{суж} = \frac{F_{суж} - F_{ч}}{F_{суж}}. \quad (4)$$

Атмосферный воздух, насыщенный твердыми частицами, в момент прохождения через сужения контактирует с её поверхностью как сплошной средой (потоком воздуха), так и закрученными твердыми частицами смеси. При этом процесс контакта отдельных частиц смеси осуществляется путём удара с зеркальным отражением или путём удара с последующим скольжением. Совместное воздействие твердых частиц в виде удара

и их скольжения о поверхность сужения вызывает всплеск энергии в виде суммарной теплоты, получаемой при ударе и скольжении.

Величину всплеска энергии определяем из соотношения

$$E_{\text{всп}} = \frac{E_{\text{ат}} + E_{\text{чуд}}}{K_{\text{суж}}} + E_{\text{ск}}, \quad (5)$$

где $E_{\text{чуд}}$ – энергия удара с зеркальным отражением или удара со скольжением твёрдых частиц при контакте с поверхностью тела сужения.

Данная энергия находится как сумма энергии удара $E_{\text{уд}}$ и энергии, выделяемой при скольжении (трении) $E_{\text{тр}}$

$$E_{\text{чуд}} = E_{\text{уд}} + E_{\text{тр}}. \quad (6)$$

Энергия удара $E_{\text{уд}}$ определяется как сумма кинетических энергий, контактирующих между собой твёрдых частиц $E_{\text{уд1}}$ и тела сужения $E_{\text{уд2}}$, тогда

$$E_{\text{уд}} = E_{\text{уд1}} + E_{\text{уд2}} = ((1 - K^2) \frac{m_{\text{суж}}}{m_{\text{суж}} - m_{\text{ч}}}) m \vartheta_{\text{ат}}^2 / 2, \quad (7)$$

где $m_{\text{ч}}$, $m_{\text{суж}}$ – массы контактирующих тел; K – коэффициент восстановления недеформированного состояния твёрдых частиц при ударе о поверхность сужения.

Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул атмосферного воздуха определяется следующим образом:

$$E_{\text{ат}} = \frac{m_{\text{ат}} \vartheta_{\text{ат}}^2}{2}, \quad (8)$$

где $m_{\text{ат}}$ – масса молекул атмосферного всасываемого воздуха, кг.

Энергию трения находим из выражения

$$E_{\text{тр}} = \frac{1}{2} m_{\text{ч}} \vartheta_{\text{ат}}^2 + \frac{1}{2} I_{\text{с}} \omega_{\text{с}}^2, \quad (9)$$

где $I_{\text{с}}$ – момент инерции твёрдых частиц относительно мгновенной оси, проходящей через центр контакта с поверхностью тела сужения; $\omega_{\text{с}}$ – величина мгновенной угловой скорости твёрдой частицы в точке контакта с поверхностью сужения.

Величина всплеска энергии зависит как от скорости движения неоднородной среды (атмосферного воздуха, насыщенного твёрдыми частицами), так и от концентрации компонентов в ней.

Для определения степени снижения температуры термодинамически расслаиваемого в вихревой воронке входного отверстия воздушного фильтра компрессора атмосферного воздуха воспользуемся известным выражением [3] для определения температуры «холодного» потока

$$T_{\text{х}} = T_{\text{ат}} (1 - \frac{n-1}{2n} K_{\text{ад}} \cdot M^2), \quad (10)$$

где $K_{\text{ад}}$, n – показатели как адиабаты, так и политропы термодинамического расщепления атмосферного воздуха; M – Число Маха, характеризует отношение скорости движения воздуха к местной скорости звука в сужении (во входном отверстии воздушного фильтра компрессора), т.е. $M = \omega/a$.

При экспериментальном подтверждении выявленного явления и разработанной применительно к ним теории термодинамического расщепления всасываемого воздуха в вихревой воронке входного отверстия воздушного фильтра компрессора, получено расхождение теоретически ожидаемого снижения температуры «холодного» потока с действительной. Это обусловлено, как показали многолетние испытания, изменением удельной энтальпии водяного пара, зависящей от погодно-климатических условий эксплуатации строительного предприятия и месторасположения карьеров.

$$\Delta T = \Delta \frac{\Delta h}{C_{\text{рх}}} d_{\text{х}} - \frac{\Delta h}{C_{\text{рат}}} d_{\text{вв}}, \quad (11)$$

где Δh – удельная энтальпия влажного атмосферного воздуха; $d_{\text{х}}$ – влагосодержание «холодного» потока, выходящего из вихревой воронки входного отверстия воздушного фильтра компрессора»

$d_{\text{вв}} = 0,622P_{\text{нх}}/P_{\text{х}}d_{\text{х}}; P_{\text{нх}}, P_{\text{х}}$ – давление насыщенного водяного пара соответственно при температуре атмосферного воздуха и «холодного» потока его, выходящего из вихревой воронки; $C_{\text{рат}}, C_{\text{рх}}$ – теплоемкости соответственно атмосферного воздуха и его «холодного» потока, выходящего из воронки.

На основании предложенных теоретических положений разработаны техническое решение, защищённое патентом [4]. Одно из разработанных технических решений внедрено на компрессорной станции завода крупнопанельного домостроения г. Курска. Это позволяет поддерживать нормируемые параметры при производстве строительных работ.

Очистка воздуха и поддержание постоянной температуры и влажности в специальных помещениях ведут к 10-20 – кратному увеличению энергоёмкости по сравнению с обычными производственными зданиями [1]. Авторами на основании развития теоретических положений тепломассообмена в известных очищающих устройствах предложено комплексное, снижающее энергоёмкость очищающее устройство для вентилируемого атмосферного воздуха, направляемого в рециркуляционный контур специального помещения. В данном устройстве последовательно осуществляется закрутка обрабатываемого воздуха, расширение и адсорбционная очистка от парообразных и дисперсных загрязнений. Для решения поставленных задач была сконструирована и изготовлена экспериментальная установка (рис. 1), состоящая из горизонтально расположенного на выходе расширяющегося сопла 2 и последова-

тельно соединенного с ним суживающегося диффузора 1.

Для устранения возможности уменьшения плотности расположения слоев адсорбента по высоте осушивающего устройства 3, расположенного горизонтально, адсорбент размещен в емкости, закрытой сеткой, профиль которой выполнен по контуру эпюры скоростей рециркулирующего воздуха, движущегося во внутренней полости расширяющегося сопла 2.

Внутренний диаметр осушивающей емкости равен внутреннему диаметру выхода расширяющегося сопла и составляет 120 мм, максимальная длина адсорбирующего слоя 370 мм. Величина осушки -40°C по точке росы. Опыты проводились с адсорбентом, насыщенным паробразной влагой до «проскока», и процесс насыщения осуществлялся при концентрации влаги $\varphi = 90-100\%$ в течение 18 часов.

Специфика эксплуатации термокамер для электрических испытаний электронных изделий вызывает необходимость разработки адсорбционных осушивающих установок, имеющих размеры, соизмеримые с параметрами, обеспечивающими размещение ее во внутреннем объеме камеры. Поэтому на основании проведенных экспериментальных исследований авторами разработана конструкция адсорбционной установки, масса адсорбента в которой определялась на основании уравнения материального баланса и корректировалась согласно аэродинамическим условиям прохождения через нее осушиваемого рециркуляционного воздуха.

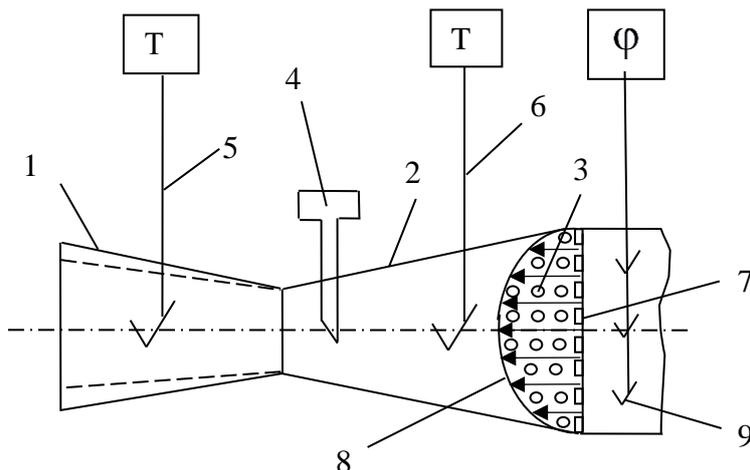


Рис. 1. Экспериментальный узел очистки рециркуляционного воздуха с осушающей емкостью, заполненной адсорбентом: 1 – суживающийся диффузор; 2 – расширяющееся сопло; 3 – осушающее устройство, заполненное силикагелем КСМ-5; 4 – влагораспределитель; 5 и 6 – датчики температуры осевого потока в суживающемся диффузоре и расширяющемся сопле; 7 – выход расширяющегося сопла; 8 – контурная сетка емкости осушающего устройства, заполненная адсорбентом; 9 – датчики влажности φ , размещенные по выходному сечению в трёх точках: одна в центре и две по периферии

Уравнения материального баланса, связывающие основные параметры процесса осушки, известны в специальной литературе, однако там не учтена интенсивность старения адсорбента, вызванная механическим (вибрационным) воздействием на него. Авторами с учетом специфики эксплуатации термокамер для испытания электронных изделий предложено выражение для определения необходимой массы адсорбента в зависимости от объема осушаемого рециркуляционного воздуха [5].

$$G_a = \frac{\tau_{адс} G (d_n - d_k)}{Z_a}, \quad (1)$$

где $\tau_{адс}$ – время адсорбционной очистки рециркуляционного воздуха;

G – расход рециркуляционного воздуха, проходящего через осушающее устройство;

d_n и d_k – влагосодержание воздуха до и после емкости с адсорбентом;

Z_a – влагоемкость адсорбента.

Основная сложность в использовании уравнения (1) связана с вычислением Z_a . На основании экспериментальных исследований и анализа литературных источников Z_a может быть вычислена по следующей формуле:

$$Z_a = Z_{a,n} (\eta_c - \eta_{н.с}) \eta_p \eta_{об}, \quad (2)$$

где $Z_{a,n}$ – влагоемкость свежего, не бывшего в работе адсорбента;

η_c – коэффициент, учитывающий разрушение или «старение» адсорбента, вызываемое адсорбционно-десорбционным процессом, и равный 0,7;

$\eta_{н.с}$ – коэффициент, учитывающий интенсивность «старения» адсорбента в зависимости от вибрационного воздействия при эксплуатации термокамеры для испытания электронных изделий, потери экспериментального $\eta_{н.с} = 0,05-0,15$;

η_p – коэффициент, учитывающий понижение активности поглощающей способности адсорбента в результате разогрева слоя в процессе адсорбции;

$\eta_{об}$ – коэффициент, учитывающий понижение активности в результате неполной

обработки слоя (понижение конечной скорости массообменных процессов).

Можно принять, что $\eta_p \eta_{об} = 0,4-0,6$, тогда влагоёмкость адсорбента определяется после решения уравнения (2) как $Z_a = Z_{a.н}(0,39 - 0,22)$.

Рассчитанный по данной методике объем адсорбента размещается в емкости с контуром, включающим внутреннюю поверхность расширяющегося сопла узла очистки, подпружиненную сетку со стороны движущегося потока воздуха и сетку по всему выходному сечению расширяющегося сопла. При этом подпружиненная сетка выполнена по профилю эпюры скоростей движущегося потока воздуха, что обусловлено различным скоростным воздействием на зерна адсорбента горизонтально расположенных его слоев с целью выравнивания поглощающей способности силикагеля КСМ-5 по всему объему осушающего устройства.

Использование в системе рециркуляции воздуха вентилятора приводит к вероятностному поступлению в очищаемый поток парообразной массы масла, а анализ научно-технической документации показал отсутствие данных по характеру таких загрязнений зернистого фильтрующего материала, что привело к необходимости исследования процесса проникновения масла по объему адсорбента за цикл обработки электронных изделий в термокамере.

Количество масла, поступающего с 1 кг обрабатываемого воздуха, определим по формуле [6]

$$d_{м.к} = \frac{0,035P_{н.м}}{P_1 - P_{н.м}} + d_{д.м},$$

(3)

где $P_{н.м}$ – парциальное давление насыщенного пара масла;

0,035 – величина, учитывающая отношение произведения массы и газовой

постоянной парообразного масла к массе и газовой постоянной влажного воздуха;

$d_{д.м}$ – количество масла в дисперсном состоянии.

Была проведена серия опытов по выявлению закономерности проникновения паров масла по объему адсорбента и характера замасливания его слоев за цикл испытания электронных изделий.

Испытания проводились по следующей методике. В начале каждого опыта адсорбент высушивался, взвешивался и засыпался в стеклянный горизонтально расположенный корпус с геометрическими параметрами, соответствующими размещению узла очистки в нагнетательном патрубке камеры. Замерялись параметры рециркуляционного обрабатываемого воздуха (давление, температура, расход, влагосодержание) перед входом в адсорбер, а также количество масла, масса которого поддерживалась в пределах, нормированном по ТУ 1004-93. Через каждый час испытаний замерялись параметры рециркуляционного воздуха на выходе из адсорбера, визуально по объему корпуса определялась глубина «проскока» масляных загрязнений. В конце цикла осушки, после измерения глубины (количество замасленных зерен адсорбента по длине его слоя) «проскока», адсорбент высыпался из цилиндрического стеклянного корпуса, визуально определялось количество замасленных зерен и проводилось взвешивание отработанной массы силикагеля. Также визуально по длине слоев адсорбента в корпусе осушающего устройства определялась глубина проникновения масляной пленки: минимальная, средняя и максимальная величина «проскока». Для исключения случайных отклонений по каждому из интервалов температурных изменений проводилось по три опыта, усреднение значений которых наносилось на график проникнове-

ния паров масла по длине адсорбента (рис. 2).

В результате испытаний установлена закономерность проникновения масляных загрязнений, графически описываемая кривой, характеризующейся различными зонами активности [7].

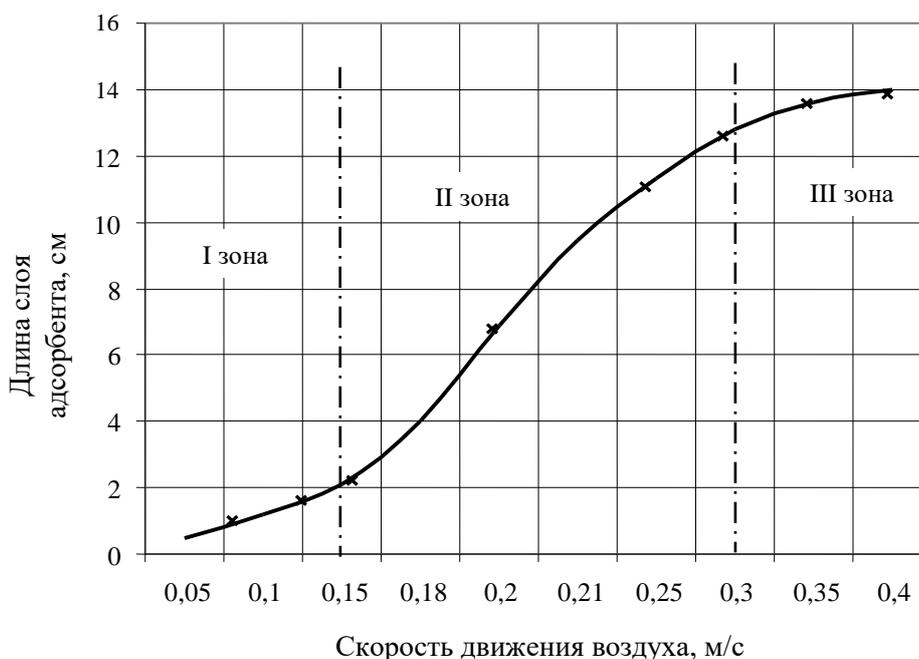


Рис. 2. Характер проникновения паров масла и замасливание зёрен адсорбента по длине очищающего устройства

В зоне II (средние скорости обрабатываемого воздуха) круто возрастающий характер кривой определяется вязкостью – гравитационным режимом движения конденсирующихся паров масла, которые на первых по ходу движения осушаемого воздуха слоях адсорбента под действием кинетической энергии обрабатываемого потока частично разрушаются и в виде мелкодисперсной массы бомбардируют последующие зерна фильтрующего материала. Одновременно здесь же интенсифицируется процесс конденсации паров масла за счет возникающей дополнительной коагуляции.

В зоне III (максимально допустимые скорости обрабатываемого воздуха)

В зоне I (низкая скорость обрабатываемого воздуха) плавный вогнутый изгиб кривой определяется вязкостным режимом движения конденсирующихся паров масла по зернистому фильтрующему материалу. В результате на поверхности зерен адсорбента образуется пленка конденсата.

плавный выпуклый изгиб кривой определяется вязкостным движением конденсирующихся паров масла по зернистому материалу. Выпуклость кривой объясняется более замедленным процессом замасливания зерен адсорбента по сравнению с зоной I вследствие случайного проникновения паров масла, основная масса которого под действием высокого межмолекулярного взаимодействия задерживается на ранее загрязненных слоях. Максимальное «проскакивание» единичных масляных загрязнений отмечалось на глубине 10–12 см.

Разработанная авторами установка прошла лабораторно-промышленные испытания на заводе Маяк г. Курска и ре-

комендована к внедрению как ресурсосберегающее конструктивное решение, защищенное патентом Российской Федерации на изобретение [8].

Список литературы

1. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М., 2003.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. – Т. 2. – М.: Наука, 1992. – 567 с.
3. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. – М.: Машиностроение, 1991. – 386 с.
4. Фильтр для очистки воздуха / Патент РФ на изобретение № 2122067 от 20.09.2009 Бюл.26
5. Кобелев Н.С., Павлова Е.В., Таныгина Л.С. Теплотехнические основы автоматизированного контроля теплообмена на пористой перегородке очистного сооружения // Известия Юго-

Западного государственного университета. – 2012. – №3(42). – С. 237-241.

6. Чистые помещения: [пер. с япон.] / под ред. И. Хаякавы. – М.: Мир, 1990. – 456 с.

7. Тепловлажностной режим вентилируемой воздушной прослойки / Н.С. Кобелев, Т.В. Алябьева, В.Н. Кобелев [и др.] // Известия Курского государственного технического университета. – 2010. – № 1(30). – С. 73–77.

8. Пат. 2267831 Российская Федерация: МПК⁷ Н 01 L 21/66. Термокамера для испытания электронных изделий / С.Г. Емельянов, В.Н. Кобелев [и др.]; заявитель и патентообладатель Курск. гос. техн. ун-т. №2009114608/22; заявл. 07.09.2010; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 7.

Получено 06.05.16

S.V. Katunin, Postgraduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: tgv_kstu6@yandex.ru)

N. S. Kobelev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: tgv_kstu6@yandex.ru)

V. N. Kobelev, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tgv_kstu6@yandex.ru)

E. M. Kuvardina, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tgv_kstu6@yandex.ru)

V. A. Zhmakin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tgv_kstu6@yandex.ru)

ADSORPTIVE DRYING OF RETURN AIR IN SPECIAL-PURPOSE ROOMS AS A MEANS OF BETTER PERFORMANCE OF BUILDING STRUCTURES IN DAMP

A scientifically verified energy saving device has been designed to produce compressed air in damp environments in order to improve the reliability of building structures used in special-purpose rooms like heat chambers for testing electronic components. The devices operation involves the treatment of intake atmospheric air in the compressor air filter by utilizing turbulence and thermodynamic separation phenomena, which makes the cleaning from fine-dispersed particles and water drops more intensive. Further on the treated air is subjected to adsorption drying until rated parameters of return air are reached up both in terms of temperature and cleanness.

The paper develops the theory of added masses by supplementing the definition of kinetic energy with atmospheric air stream that is saturated by airborne contamination particles (natural and man-made dust particles) before constriction section, and that makes it possible to determine a jump in the stream speed with subsequent release of friction heat.

The identified phenomenon was proved experimentally with reference to the theory of intake air thermodynamic laying in the vortex cavity of the compressor air filter. The disagreement between expected temperature drop in the "cold" stream with actual parameter value is within correlation error range and is related with steam specific enthalpy that depends on climate and weather conditions on construction or quarry site.

The original design solution is protected by RF patent.

Key words: compressor unit, special-purpose rooms, heat chambers for testing electronic components, adsorptive drying, greasy contamination, building structures.

References

1. SNiP 23-02-2003. Teplovaja zashhita zdaniy. – M., 2003.
2. Sedov L.I. Mehanika sploshnoj sredy. – T. 2. – M.: Nauka, 1992. – 567 s.
3. Merkulov A.P. Vihrevoj jeffekt i ego primenenie v tehnike. – M.: Mashinostroyeniye, 1991. – 386 s.
4. Fil'tr dlja ochistki vozduha / Patent RF na izobretenie № 2122067 ot 20.09.2009 Bjul.26
5. Kobelev N.S., Pavlova E.V., Tanygina L.S. Teplotekhnicheskie osnovy avtomatizirovannogo kontrolja teplomasso-obmena na poristoj peregorodke ochistnogo sooruzhenija // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – №3(42). – S. 237-241.
6. Chistye pomeshhenija: [per. s japon.] / pod red. I. Hajakavy. – M.: Mir, 1990. – 456 s.
7. Teplovlazhnostnoj rezhim ventiliruemoj vozduhnoj proslojki / N.S. Kobelev, T.V. Aljab'eva, V.N. Kobelev [i dr.] // Izvestija Kurskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. – 2010. – № 1(30). – S. 73–77.
8. Pat. 2267831 Rossijskaja Federacija: MPK7 H 01 L 21/66. Termokamera dlja ispytaniya jelektronnyh izdelij / S.G. Emeľjanov, V.N. Kobelev [i dr.]; zajavitel' i patentoobladatel' Kursk. gos. tehn. un-t. №2009114608/22; zajavl. 07.09.2010; opubl. 25.04.2012, Bjul. № 7.

УДК 620.191.46

Г.М. Журавлев, д-р техн. наук, профессор, Тульский государственный университет (e-mail: technology@tspu.tula.ru)

А.Е. Гвоздев, д-р техн. наук, профессор, Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого (gwozdev.alexandr2013@yandex.ru)

Д.А. Провоторов, канд. техн. наук, ведущий инженер-конструктор, ООО НПП «Вулкан-ТМ» (Тула) (e-mail: prodmyt@rambler.ru)

Н.Н. Сергеев, д-р техн. наук, профессор, Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого (e-mail: technology@tspu.tula.ru)

Е.В. Агеев, д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: ageev_ev@mail.ru)

Е.А. Гречишкин, аспирант, Тульский государственный университет (e-mail: technology@tspu.tula.ru)

Д.В. Малий, аспирант, Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого (maliydmitriy@yandex.ru)

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НА СИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПЛАСТИЧЕСКОГО ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ

Анализ процессов в условиях неполной горячей деформации с точки зрения практической реализации показывает, что процесс представляет собой сумму сложных взаимосвязанных термомеханических воздействий: нагрев заготовки, пластическую деформацию и охлаждение после деформации, требующих