

УДК 628.5:622.691.4

А.В. Тербнев, к.т.н., заместитель директора Центра экологической безопасности, энергоэффективности и охране труда, e-mail: A_Terebnev@vniigaz.gazprom.ru;

О.Н. Емельянов, начальник лаборатории охраны труда и экологии человека – исполнительный директор Научно-методического центра корпоративной системы сертификации работ по охране труда, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

ПРИМЕНЕНИЕ ТИПОВЫХ СРЕДСТВ ШУМОГЛУШЕНИЯ ГАЗОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Проводимые ООО «Газпром ВНИИГАЗ» исследования в области технической акустики свидетельствуют о возможности повышения точности акустических расчетов объектов организаций ОАО «Газпром», расположенных в условиях Крайнего Севера Российской Федерации, за счет уточнения влияния климатических особенностей на закономерности распространения звука и методов определения акустической эффективности средств защиты от шума.

Выбор конструктивных параметров средств шумозащиты источников шума газотранспортного оборудования зависит от влияния погодных и климатических факторов, определяющих поглощение звука воздухом и распространение звука: температура и влажность, сила ветра, температурные градиенты, атмосферная турбулентность, туман и снег.

Основными мероприятиями по снижению шума на компрессорных станциях, на эффективность которых оказывают влияние условия Крайнего Севера, относятся:

- установка глушителей шума;
- устройство звукоизолирующих кожухов и ограждений;
- установка звукоизолирующих покрытий надземных трубопроводов.

На объектах транспорта газа глушители применяют:

- для ослабления шума всасывания и выхлопа газотурбинных перекачивающих агрегатов;
- для снижения шума технологических сбросов газа высокого давления;
- для ослабления впускного и выпускного шума вентиляторов.

Выбор типа глушителя определяется характером излучаемого спектра, необходимым уровнем снижения шума, допустимым гидравлическим сопротивлением, конструктивными особенностями газотранспортного оборудования, требованиями эксплуатации [1].

При проектировании глушителей основной задачей является достижение эффекта установки, обеспечивающего нормативные значения шума в контрольной точке.

Глушители должны иметь небольшие габаритные размеры, удобное расположение, небольшую металлоемкость, хорошую технологичность, высокую коррозионную стойкость и стабильную акустическую эффективность.

В настоящее время снижение шума всасывания и выхлопа газотурбинных газоперекачивающих агрегатов (ГПА) достигается путем установки в трактах всасывания и выхлопа агрегата диссипативных пластинчатых глушителей шума. Также данный тип глушителя применяется в качестве звукопоглощающего блока устройства глушения шума, устанавливаемого на сбросных свечах систем технологических сбросов газа на компрессорных станциях.

В зависимости от толщины пластин, ширины воздуховода, защитного покрытия, расстояния между пластинами и степени их загрязненности пластины с равномерным заполнением поглотителя обеспечивают ослабление в нескольких октавных полосах частот. Для низких частот высокого коэффициента поглощения достигают применением толстых пластин, тогда как для высоких частот достаточны тонкие пластины. Типичные частотные характеристики пластин глушителя представлены на рисунке 1. На низких частотах удельные потери распространения увеличиваются при возрастании толщины пластины и частоты звука. На средних частотах, где ширина канала совпадает с половиной длины волны, наблюдается максимум, значение которого обратно пропорционально значению сопротивления продувания поглотителя. Общее сопротивление продуванию потоком, перпендикулярным к пластине, не должно существенно превышать $2 \text{ кН} \cdot \text{с} / \text{м}^3$. На высоких частотах, для которых ширина канала или расстояние между пластинами значительно превосходит половину длины волны зву-

ка, удельные потери распространения становятся очень малыми.

Сопротивление продуванию R_s слоя покрытия: 1-0 $\text{кН}\cdot\text{с}/\text{м}^3$; 2-0,2 $\text{кН}\cdot\text{с}/\text{м}^3$; 3-0,4 $\text{кН}\cdot\text{с}/\text{м}^3$

Влияние толщины пластин показано на рисунке 2. Когда пластины перекрывают одну и ту же часть поперечного сечения канала (т.е. отношение $s/d=\text{const}$), толстые пластины незначительно улучшают характеристики глушителя на низких частотах, обеспечивают умеренное ослабление на средних частотах и минимальные удельные потери распространения на высоких частотах. Для того чтобы улучшить поглощение на низких частотах, применяют облицовочные покрытия с увеличенной поверхностной массой (рис. 3).

Толщина звукопоглощающих пластин d : 1-0,15 м; 2-0,2 м; 3-0,3 м.

При выборе и оптимизации пластинчатых глушителей для низкочастотного ослабления особое внимание следует уделять материалам наполнителя, покрытия и внутреннему секционированию (каркасу) пластин. Для улучшения ослабления на высоких частотах ширина воздухопроводов должна быть уменьшена, а секционированные пластины следует размещать вдоль канала со смещением в поперечном направлении. Обе эти меры приводят к увеличению потерь давления. В то время как смещение обеспечивает дополнительное ослабление менее 6 дБ, потери давления могут удвоиться.

Для обеспечения долговечности пластин, подвергающихся воздействию потока со скоростью свыше 5 м/с, следует прибегать к мерам, гарантирующим однородность потока, например к использованию выпрямителей потока. Поток через пластины в поперечном направлении может возникать из-за выдувания материала пластин, что следует предотвращать. Поэтому не рекомендуется располагать пластины сразу за сечениями, в которых сильно изменяется площадь поперечного сечения, и/или сразу за поворотами канала, в противном случае необходимо использовать направляющие стабилизаторы, обеспечивающие однородность потока.

Глушители сброса, которые устанавливают в линиях сброса газа, воздействуют на источник звука, снижая скорость выходного потока, и пропускают его через поверхность большой площади.

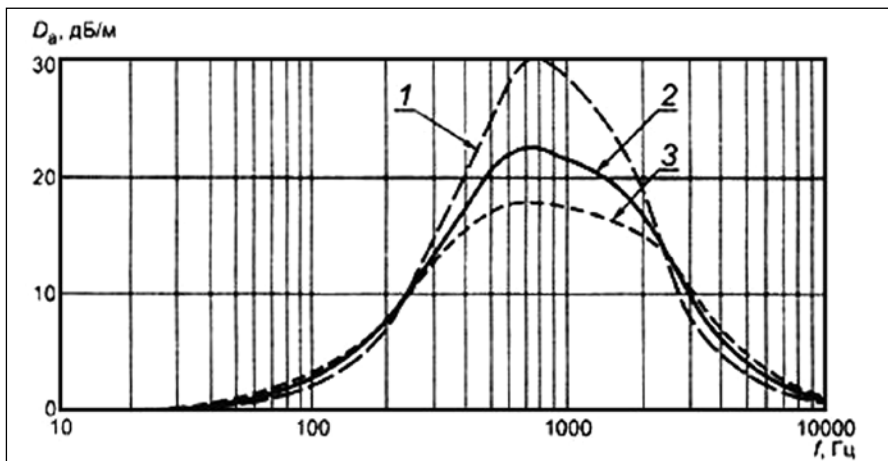


Рис. 1. Зависимость удельных потерь распространения D_a , дБ/м, от частоты f , Гц, для пластинчатого глушителя при толщине пластины $d=0,2$ м, ширине воздуховода между пластинами $s=0,2$ м и удельном сопротивлении продуванию изотропного поглотителя $r=12 \text{кН}\cdot\text{с}/\text{м}^4$

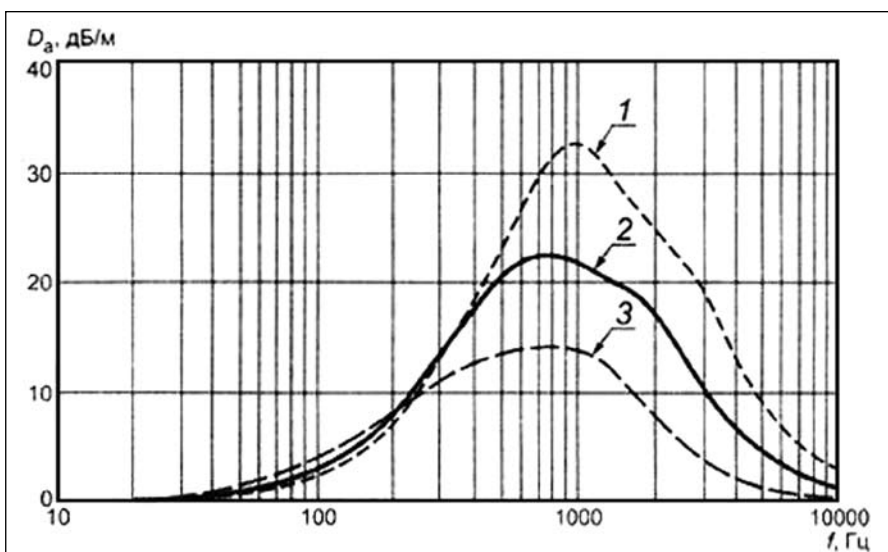


Рис. 2. Зависимость удельных потерь распространения D_a , дБ/м, от частоты f , Гц, для глушителя с пластинами разной толщины и шириной воздухопроводов между пластинами, равной толщине пластин при удельном сопротивлении продуванию изотропного поглотителя $r=12 \text{кН}\cdot\text{с}/\text{м}^4$ и сопротивлению продуванию слоя покрытия $R_s=0,2 \text{кН}\cdot\text{с}/\text{м}^3$

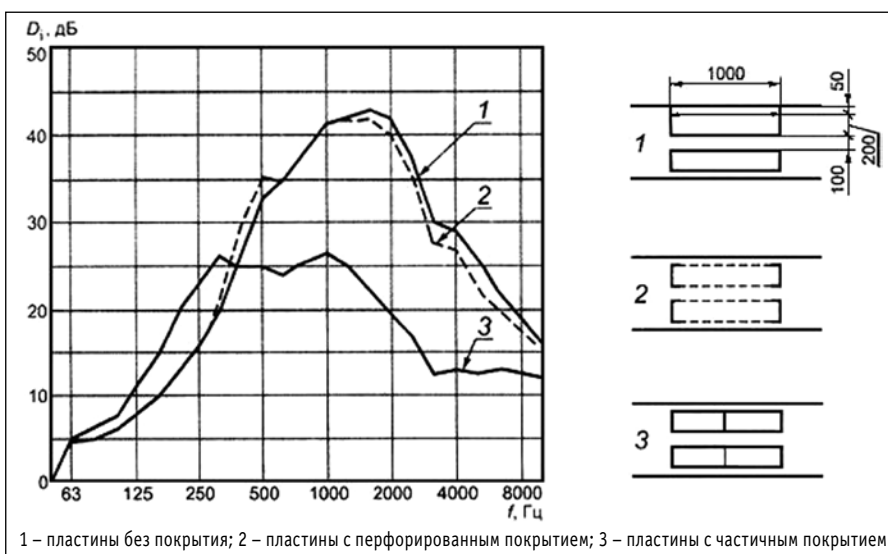


Рис. 3. Зависимость вносимых потерь D_i , дБ/м, от частоты f , Гц, для глушителей с обычными пластинами

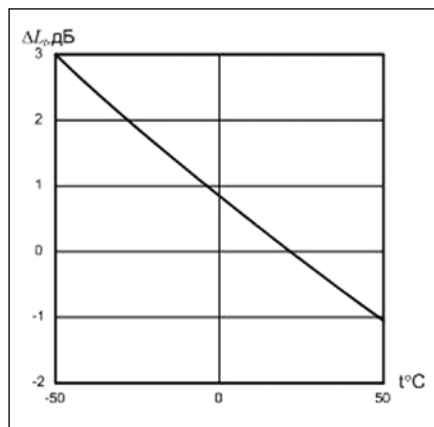


Рис. 4. Влияние температуры окружающей среды на изменение мощности шума, излучаемого турбулентной струей

Большие потери давления требуют большой механической прочности таких глушителей. Результаты влияния низких температур на аэродинамическое шумообразование в системах технологического сброса газа представлены на рисунке 4.

Для данного вида источников снижение температуры от 20 °С до –50 °С приводит к возрастанию мощности акустического излучения примерно на 3 дБ.

Другие виды аэродинамических источников шума оказываются менее зависимыми от температуры.

Проведенные исследования по созданию эффективного глушителя шума позволяют сделать следующие выводы:

- необходимость применения глушителей и их эффективность должны определяться для эксплуатируемых типов газотурбинных установок (ГТУ) расчетом и измерениями уровней шума на действующих станциях, а для перспек-

тивных типов ГТУ – акустическим расчетом. Расчет требуемой акустической характеристики шумоглушителя должен проводиться с обязательным учетом затухания и генерации звука на рабочих элементах газоздушного тракта ГТУ;

- допустимый размер глушителя должен быть по возможности минимальным (из соображений стоимости и массы). Этот размер зависит от требуемого снижения уровня звука, допустимых потерь давления и других ограничений относительно используемых (или нежелательных к использованию) материалов, устойчивости к различного рода нагрузкам;

- выбор толщины пластин и шага их установки (расстояние между пластинами) определяется частотной характеристикой необходимого снижения уровней звукового давления, длиной глушителя и допустимыми потерями давления;

- глушители шума всасывания ГПА и диссипативный блок глушителей сброса газа должны иметь повышенную эффективность в высокочастотной части нормируемого звукового диапазона;

- эффективное подавление типичного для ГТУ тонального шума может быть достигнуто путем использования пластинчатого глушителя с ячеистой облицовкой, обладающего, кроме того, повышенными параметрами глушения в высокочастотном диапазоне;

- для предотвращения шумообразования в трактах всасывания и выхлопа ГТУ необходимо использовать аэродинамически отработанные формы канала, местные скорости потока в нем не должны превышать 30–50 м/с.

В зонах возможного отрыва потока следует вводить продольные перегородки для размыкания обратной связи при автоколебаниях. При использовании звукоотражательных элементов рекомендуется их локальная облицовка перфорированным звукопрозрачным экраном, сглаживающим изменения направления рабочего потока. Применение звукопоглощающей облицовки наиболее эффективно в зонах поворотов и изменения формы сечения тракта;

- для снижения шума на всасывании ГТУ целесообразно использование шумоглушителей с относительно узкими щелевыми каналами, «настроенными» на повышенные частоты максимальной эффективности по сравнению с обычно используемыми;

- для изготовления глушителей следует применять негорючие материалы. Накапливание жировых, масляных веществ и пыли в поглощающих материалах должно быть исключено применением соответствующих конструкций глушителей и выбором места их расположения.

Эффективным способом снижения шума от корпусов энергетического оборудования является размещение их в специальном кожухе (контейнере). Звукоизолирующие ограждения и кожухи машин и технологического оборудования применяются для снижения уровней шума на рабочих местах, расположенных непосредственно у источника шума, где применение других строительно-акустических мероприятий нецелесообразно.

С целью выбора приемлемой конструкции звукоизолирующей панели для

Таблица 1. Расчетная эффективность звукоизоляции панелей

№ П/П	ПАРАМЕТРЫ КОНСТРУКЦИИ		ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ В ОКТАВНЫХ ПОЛОСАХ ЧАСТОТ, ДБ							
	Основание, мм	Звукопоглощающий слой, мм	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	1,6	60	13	17	21	25	31	37	39	41
2	1,0	80	18	21	25	32	40	48	57	59
3	3,0	80	20	23	27	31	37	40	33	43
4	4,0	80	23	27	30	35	41	43	40	48
5	1,6	80	15	19	23	28	33	39	40	41
6	1,6	80	18	23	26	30	36	47	48	47
7	3,0	80	21	25	30	33	40	47	46	53
8	3,0	80	22	27	31	35	40	48	47	55
9	Требуемая эффективность звукоизоляции		8	23	24	26	28	29	34	36
10	Фактическая эффективность звукоизоляционных панелей контейнера ГПА-Ц6,3		15	14	23	22	15	20	22	25

контейнеров ГПА были проведены расчетные исследования эффективности звукоизоляции панелей разных конструкций и параметров. Результаты этих расчетов представлены в таблице 1. Анализ данных таблицы 1 показал, что расчетная эффективность звукоизоляции панели контейнера превышает фактическую в октавах 1, 2, 4 и 8 кГц, что объясняется естественным износом базальтового волокна наполнителя панелей в период эксплуатации. Недостаточная эффективность панелей в октавных полосах 125, 250 и 500 Гц обусловлена сравнительно малой плотностью основания панели. Последнее подтверждается данными расчета панели с толщиной основания 3 мм, эффективность звукоизоляции которой в упомянутом частотном диапазоне удовлетворительна.


Точность расчетных данных была подтверждена прямыми измерениями в реверберационных камерах Научно-исследовательского института строительной физики (НИИСФ), где испытывались звукоизоляционные панели с толщиной стального листа основания 3 мм и с перфорированным листом тол-

щиной 0,7 мм. В качестве наполнителя использовались маты БЗМ толщиной 80 мм (тип а) и базальтовое волокно, пропитанное составом марки БТ (тип б). Проведенные исследования показали, что звукоизолирующий кожух целесообразно применять в тех случаях, когда создаваемый агрегатом (машиной) шум в расчетной точке превышает допустимое значение на 5 дБ и более хотя бы в одной октавной полосе, а шум всего остального технологического оборудования в той же октавной полосе (в той же расчетной точке) – на 2 дБ и более ниже допустимого. Все элементы кожуха должны иметь одинаковую звукоизолирующую способность.

На основании проведенных расчетно-экспериментальных исследований элементами кожуха являются:


- наружная обшивка из стального листа толщиной 1,5 мм. Если обшивка из другого материала, то толщина ее должна быть такой, чтобы поверхностная масса была в пределах от 10 кг/м² до 15 кг/м²;
- звукопоглощающее покрытие внутренней обшивки, изготовленное из ЗПМ толщиной не менее 50 мм;


- перфорированная облицовка звукопоглощающего покрытия с площадью перфорации не менее 30%;
 - окно со стеклом толщиной 6 мм (при проектировании кожуха с окном).
- Конструкция кожуха должна обеспечивать свободный доступ к агрегату, а также быть простым и удобным в монтаже и демонтаже. Для предохранения ЗПМ от выдувания воздушным потоком и для удержания его на стенках необходимо закреплять металлическим перфорированным листом. Кожух из металла следует покрывать вибродемпфирующим материалом (листовым или в виде мастики), при этом толщина покрытия должна быть в 2–3 раза больше толщины стенки. Проведенные исследования показали, что в условиях Крайнего Севера применение вибродемпфирующих материалов эффективно только при температуре выше –20 °С. В помещениях кожухи следует устанавливать на полу, на вибродемпфирующих прокладках, так как в результате вибрации стенки кожуха могут послужить источниками структурного шума. С внутренней стороны на кожух наносится слой звукопогло-




ГРУППА КОМПАНИЙ

- Разработка и промышленное производство высокотехнологичных стальных опор новых типов для ЛЭП напряжением 6-10, 35, 110 и 220 кВ.
- Комплексное обслуживание объектов электроснабжения (проектирование, комплектация, строительство ЛЭП и подстанций, пуско-наладка)
- На наших опорах построено более 10 000 км ЛЭП
- Наши заказчики: Газпром, Тоталь, НК "Роснефть", Транснефть, ЛУКОЙЛ, Итера, Ачимгаз, Юрхаровнефтегаз, АЛРОСА, РАО ЕЭС России, Российские железные дороги.



**630024 г. Новосибирск,
ул. Сибиряков-Гвардейцев, 50
тел.: (383) 2174009, 2174010, 2174011
www.elsi.ru E-mail: elsi@elsi.ru**



щающего материала с защитой от механических воздействий, пыли и других загрязнений. Для защиты звукопоглощающего покрытия от механического повреждения применяют акустически прозрачную облицовку. Подходящие акустически прозрачные облицовочные панели обычно изготавливают из перфорированного стального листа с перфорацией площадью 30% и диаметром отверстий от 3 до 5 мм [2].

Кожух не должен иметь непосредственный контакт с агрегатом и трубопроводами. Если это невозможно, то число точек крепления или контакта должно быть минимальным, и в них устанавливают упругие прокладки. Технологические и вентиляционные отверстия должны быть снабжены глушителями и уплотнителями.

Кожух имеет отверстия для прохода воздуха, которые сделаны в виде щелевых глушителей. Со стороны забора воздуха установлен прямоугольный щелевой глушитель абсорбционного типа, а со стороны выброса воздуха – глушитель в виде узких концентрических колец, образованных звукопоглощающими элементами. Приводной вал проходит внутри цилиндрического глушителя абсорбционного типа. Эффективность всех предусмотренных глушителей равна звукоизолирующей способности кожуха.

Специфика работы газотранспортных организаций обуславливает необходимость применения негорючих материалов для изготовления кожуха, а также ввиду большого количества типов и модификаций ГПА кожух рекомендуется проектировать разборным, с унификацией составных элементов.

В условиях Крайнего Севера основное внимание необходимо уделять устранению неплотностей в звукоизолирующих конструкциях. Для устранения щелей между панелями в зависимости от акустических требований применяются одинарное или двойное уплотнение (герметизация стыков). Если в процессе эксплуатации панели часто демонтируют, то необходимо убедиться, что герметизация не нарушается при повторной установке панели. В случаях, когда щели неизбежны, например сдвижные двери, применяют звукопоглощающие покрытия или щелевые глушители.

Минимальные размеры кожуха определяются из условия, что ни одна из частей оборудования КС не соприкасается со стенками кожуха. Чтобы предотвратить снижение акустических характеристик кожуха вследствие резонанса объема воздуха между стенкой и поверхностью машины, воздушный зазор между поверхностью машины и внешней обшивкой кожуха d , м, в соответствии с [3] должен удовлетворять условию

$$\frac{d}{d_0} = \frac{20000}{m'' \left(\frac{f}{f_0} \right)^2}, \quad (1)$$

где $d_0 = 1$ м;

m'' – поверхностная масса внешней обшивки, кг/м²;

$m_0'' = 1$ кг/м²;

f – наименьшая частота, на которой требуется обеспечить заданное значение потерь на панели, Гц;

$f_0 = 1$ Гц.

Так, для стального листа толщиной 1,5 мм при частоте 63 Гц минимальный зазор приблизительно равен 400 мм. Увеличение эффективности звукоизоляции стен и перегородок компрессорного цеха достигается за счет применения многослойных звукопоглощающих конструкций.

Увеличение звукоизолирующей способности окон достигается повышением поверхностной плотности стекла, плотности прижатия притворов, воздушного зазора между стеклами [2]. Применение упругих прокладок значительно улучшает звукоизоляционные качества окон. Наилучшими являются профилированные резиновые прокладки или прокладки из пористой резины. Желательно, чтобы одно из стекол было закреплено не жестко, а оконные притолоки были облицованы звукопоглощающим материалом.

Для шумных помещений КС звукоизоляция обычных филеночных дверей, как правило, недостаточна. Увеличение ее достигается повышением поверхностной плотности полотна двери, плотной пригонкой полотна к коробке (допустимый просвет – не более 1 мм), а также устранением щели между дверью и полом при помощи порога или фартука из прорезиненной ткани или резины. Применение уплотняющих прокладок в притворах дверей и одновременное устройство порога с уплотняющей про-

кладкой повышает звукоизоляцию дверей на 7 дБ [2].

Наружный шум трубопроводов обусловлен в основном распространяющимся по потоку и проникающим через стенки трубопровода шумом работающего нагнетателя, а также вибрацией, вызванной турбулентностью потока по всей системе, что обуславливает необходимость звукоизоляции всей системы технологической обвязки надземных трубопроводов.

Основным способом борьбы с шумом на трубопроводах является повышение звукоизолирующей способности трубопровода.

Проведенные исследования звукоизолирующей способности стенок трубопровода показали, что она не подчиняется закону массы и по-разному зависит от частоты звука (в зависимости от типа возбуждения). Кроме того, цилиндрический трубопровод по своим излучательным и звукоизолирующим свойствам имеет следующие особенности:

- при возбуждении оболочки в нем могут возникать три типа колебаний: радиальные, окружные и тангенциальные;
- наличие искривленных участков;
- наличие внутри трубопровода потока газа;
- акустическое поле в трубопроводе представляет собой в основном плоскую волну с выраженным аксиальным направлением.

В результате проведенных исследований и опыта практического внедрения по применению вибро- и звукоизолирующих конструкций по снижению шума надземных трубопроводов можно сделать следующие выводы:

- не рекомендуется применение вибропоглощающих материалов в условиях Крайнего Севера, так как при температуре ниже -20 °С они не влияют на акустическую эффективность звукоизолирующих покрытий надземных трубопроводов;
- для достижения эффекта снижения вибрации и шума рекомендуется применять звукоизолирующие материалы с водопоглощением 0,2%;
- с учетом особенностей излучения шума трубопроводами толщина звукоизолирующих покрытий вертикальных и горизонтальных участков трубопроводов определяется расчетом;

• конструкция кожуха должна состоять из слоя ЗПМ, нанесенного на трубопровод, и тонкого листового материала в соответствии со стандартами [1, 3]. Толщина слоя ЗПМ должна быть не менее 50 мм. Увеличение толщины ЗПМ приводит к экспоненциальному росту эффекта снижения шума. Рекомендуемый объем работ по нанесению защитных покрытий теплошумоизоляции на надземных трубопроводах КС состоит в оборудовании теплозвукоизолирующими покрытиями – трубопроводов на входе и выходе нагнетателя ГПА; антипомпажного трубопровода; трубопроводов подачи импульсного, топливного и пускового газа; трубопроводов стравливания газа с контура ГПА.

Для увеличения акустической эффективности теплозвукоизолирующих покрытий трубопроводов необходимо оборудовать теплозвукоизолирующими кожухами запорную арматуру технологической обвязки ГПА. При выборе материалов, входящих в состав звукоизолирующих покрытий трубопроводов, следует учитывать следующие факторы: месторасположение изолируемого объекта; температуру изолируемой поверхности, окружающей среды; требования пожарной безопасности; агрессивность окружающей среды или веществ, содержащихся в изолируемых объектах; влияние ультрафиолетового излучения; коррозионное воздействие; материал поверхности изолируемого объекта;

допустимые нагрузки на изолируемый трубопровод; требования к механической прочности теплоизоляционной конструкции; наличие вибрации и ударных воздействий; требуемую долговечность теплоизоляционной конструкции; санитарно-гигиенические требования; возможность температурных деформаций трубопроводов; геометрические размеры изолируемого объекта; влияние относительной влажности окружающего воздуха; теплопроводность ЗПМ; конфигурацию и размеры изолируемой поверхности. В заключение следует отметить, что выбор и применение средств шумоглушения газотранспортного оборудования необходимо проводить только по результатам акустического расчета.

Литература:

1. Стандарт организации СТО Газпром 2-2.1-127-2007 «Регламент проведения акустического расчета на стадии проектирования компрессорных станций, дожимных компрессорных станций, компрессорных станций подземных хранилищ газа».
2. Терехов А.Л. Шум газоперекачивающих агрегатов на компрессорных станциях магистральных газопроводов. – М.: ВНИИГАЗ, 2003. – 499 с.
3. Стандарт организации СТО Газпром 2-2.1-264-2008 «Типовая методика расчета шумозащитных конструкций газотранспортного оборудования для условий Крайнего Севера».

Ключевые слова: Крайний Север, газотранспортное оборудование, средства шумоглушения.

АС Комплексная автоматизация технологических процессов нефтяных и газовых предприятий

WEB портал → Internet → Руководитель корпорации

Корпоративная сеть

Центральный сервер | АРМ руководителя | АРМ главного инженера | АРМ главного технолога

Локальная сеть заводоуправления

Рабочие станции операторов | Технологический сервер АСУТП

Локальная сеть цеха

Системы управления технологическими процессами

Контроллеры ↔ Датчики и исполнительные устройства

Лаборатория автоматизированных систем (АС)
 Телефон: (495) 730 3632 <http://www.actech.ru> E-mail: office@actech.ru