

Цель работы

Исследование параметров производственного шума на соответствие требованиям санитарных норм и изучение основных принципов по эффективной защите от шума.

Основные теоретические положения

Уровнем звука (дБА) - скорректированный уровень звукового давления, измеренный шумомером с помощью характеристики А, в которой снижена чувствительность на низких частотах, аналогично снижению чувствительности к звукам этих частот человеческого уха. Этот параметр позволяет ориентировочно оценить, является ли шум на рабочем месте допустимым, не производя спектрального анализа данного шума.

Звукопоглощение — процесс перехода энергии звука в тепло. Звукопоглощающие конструкции принято характеризовать частотной характеристикой так называемого диффузного (реверберационного) коэффициента звукопоглощения. Последний получается усреднением коэффициентов звукопоглощения (альфа) по разнообразным углам падения.

Увеличение толщины материала приводит к более эффективному поглощению более низких частот за счет увеличения соотношения длины пути звука в материале у длине звуковой волны.

Звукоизоляция — применение твердых материалов для отражения звука. Собственная звукоизоляция или звукоизолирующая способность способность стены $R_{\text{соб}}$ определяется соотношением $R_{\text{соб}} = 10 \lg (1/\tau)$, дБ, где τ — коэффициент звукопроводности, равный отношению энергии, прошедший через стену, к энергии падающей.

Наличие щелей и отверстий звукоизоляцию существенно ухудшает, пропуская волны определенной длины без помех.

Акустический экран — это преграда ограниченных размеров с определенной звукоизолирующей способностью, устанавливаемая между источником шума и защищаемым от шума местом. Экраны наиболее эффективны для снижения шума высоких и средних частот и плохо снижают низкочастотный шум.

Эффективность любого мероприятия по шумоглушению L_3 определяется $L_3 = L_1 - L_2$, дБ, где L_1 — уровень звукового давления в рабочей зоне до проведения мероприятий по шумоглушению, L_2 — уровень звукового давления в рабочей зоне после проведения мероприятий по шумоглушению.

В лабораторной работе определяется эффективность снижения шума с помощью: звукоизолирующего кожуха, звукоизолирующего кожуха, облицованного звукопоглощающим материалом, а также звукоизолирующих акустических экранов (изготовленных из ДВП, алюминия, а также стали и алюминия с отверстиями).

усиления дифракции. ...
 отверстия можно ожидать аномалии ...
 так как находясь в звуковой тени микроволн ...
 отраженному от краев помещения больше, чем ...
 звукопоглощающих свойств парашюта.
 ... вывод, что экран №1 произведен из ДВП, экран №4 из алюминия ...
 ... экран №3 ... из алюминия с отверстиями, а экран ...
 ... из этого делаем

Ход работы

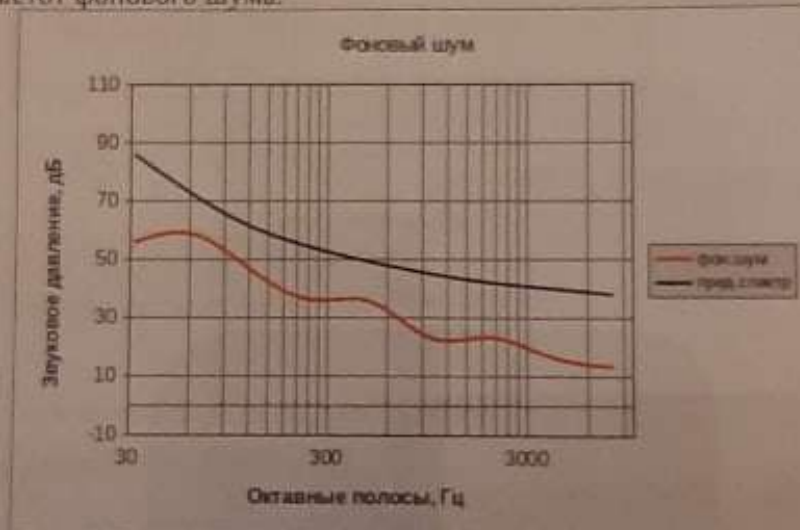
Исследование зависимости параметров шумовой помехи:

Частота, Гц	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Звуковое давление, Дб	55.9	58.6	46.1	36.2	35.4	23.2	23.4	16.6	13.4
Допустимое звуковое давление, Дб	86	72	61	54	49	45	42	40	38

Уровень шумовой помехи в дБА = 38.9, максимально допустимый = 50.

Параметры шума соответствуют предельно допустимым нормам.

График частот фонового шума:



Шум имеет низкочастотный характер.

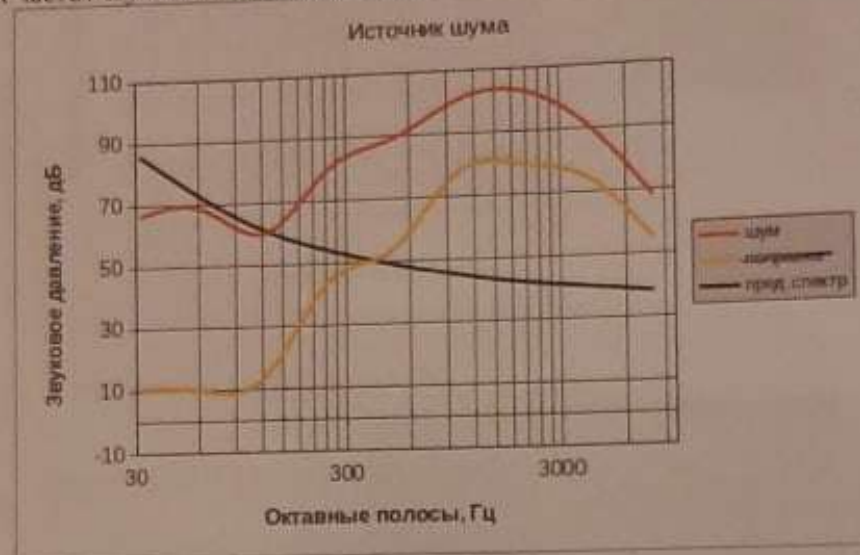
Исследование зависимости параметров шума от частоты:

Частота, Гц	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Звуковое давление, Дб	66.4	68.3	60.3	80.2	89	100.5	102.8	91.2	68.1
Звуковое давление с учетом поправки на фон, Дб	10.5	9.7	14.2	44	53.6	77.3	79.4	74.6	54.7
Превышение допустимого звукового давления, Дб	-	-	-	26.2	40	55.5	60.8	51.2	30.1

Уровень шумовой помехи в дБА = 105.6, с учетом поправки на фон = 66.7, превышение допустимого = 55.6.

Параметры шума не соответствуют санитарным нормам, требуется дополнительная защита.

График частот шума источника без защиты:



Шум источника имеет высокочастотный характер.

Исследование средств защиты от шума:

1. Звукоизолирующий кожух №1:

Частота, Гц	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Звуковое давление, Дб	55.9	65.3	53.9	64.6	85.5	95.6	94.5	87.2	50.2
Звуковое давление с учетом поправки на фон, Дб	0	6.7	7.8	28.4	50.1	72.4	71.1	70.6	36.8
Превышение допустимого звукового давления, Дб	-	-	-	10.6	36.5	50.6	52.5	47.2	12.2

Уровень шумовой помехи в дБА = 98.9, с учетом поправки на фон = 60, превышение допустимого = 48.9.

Параметры шума не соответствуют санитарным нормам.

График частот шума источника, защищенного звукоизолирующим кожухом №1:

иления шума. При этом можно ожидать аномально высокие значения звукового давления в звуковой тени микрофон будет находиться в звуковой тени, так как находится в звуковой тени, отраженному от краев помещения, звукопоглощающих свойств поролона.

под что экран №1 произведен из ДСП, экран №4 из поролона, экран №3 из алюминия с твердым покрытием.

из этого делаем

Уровень шумовой помехи в дБА = 93.7, с учетом поправки на фон = 54.8, превышение допустимого = 43.7.

Параметры шума не соответствуют санитарным нормам.

График частот шума источника, защищенного звукоизолирующим кожухом №2:



3. Звукоизолирующий экран №1:

Частота, Гц	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Звуковое давление, Дб	59.7	70.1	60.3	77.3	83.4	97.3	94.5	85.4	53.9
Звуковое давление с учетом поправки на фон, Дб	3.8	11.5	4.2	41.1	48	74.1	71.1	68.8	40.5
Превышение допустимого звукового давления, Дб	-	-	-	23.3	34.4	52.3	52.5	45.4	15.9

довательно, аномальный проводник звука в
 естве звукоизолятора алюминия с отверстиями, связанными с
 ления шума в области частот определенной длины, стали
 ления дифракции. При использовании же экрана в области низких частот,
 тверстием можно ожидать аномальное усиление шума в области низкого звуку,
 ак как находясь в звуковой тени микроволн будет открыт низкочастотному из-за
 отраженному от краев помещения больше, чем высокочастотному из-за
 звукопоглощающих свойств поролона.

сделать вывод, что экран №1 произведен из ДВП, экран №4 из алюминия
 похожи, экран №3 - из алюминия с отверстиями, а экран
 звука, исходя из этого делаем

Уровень шумовой помехи в дБА = 99.8, с учетом поправки на фон = 60.9, превышение допустимого = 49.8.

Параметры шума не соответствуют санитарным нормам.

График частот шума источника, защищенного звукоизолирующим экраном №1:



4. Звукоизолирующий экран №2:

Частота, Гц	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Звуковое давление, Дб	64.5	67.5	68.2	79.4	85	98.9	101.9	87.5	61.9
Звуковое давление с учетом поправки на фон, Дб	8.6	8.9	22.1	43.2	49.6	75.7	78.5	70.9	48.5
Превышение допустимого звукового давления, Дб	-	-	7.2	25.4	36	53.9	59.9	47.5	23.9

довательно, алюминий с...
 естве звукоизолятора алюминия с...
 ления шума в области частот определе...
 лении дифракции. При использовании же экран...
 тверстием можно ожидать аномальное усиление шума в об...
 ак как находясь в звуковой тени микровон будет открыт микровон...
 отраженному от краев помещения больше, чем высокочастотному из...
 звукопоглощающих свойств поролона.
 можно сделать вывод, что экран №1 произведен из ДВП, экран №4 из алюминия
 и похожий. Экран №3 — из алюминия с отверстиями, а экран
 ного звука, исходя из этого делаем

Уровень шумовой помехи в дБА = 104.4, с учетом поправки на фон = 65.5,
 превышение допустимого = 54.4.

Параметры шума не соответствуют санитарным нормам.

График частот шума источника, защищенного звукоизолирующим экраном №2:



5. Звукоизолирующий экран №3:

Частота, Гц	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Звуковое давление, Дб	77.9	73.2	60.2	78.1	84.1	97	94.6	85.3	53.6
Звуковое давление с учетом поправки на фон, Дб	22	14.6	14.1	41.9	48.7	73.8	71.2	68.7	40.2
Превышение допустимого звукового давления, Дб	-	1.2	-	24.1	35.1	52	52.6	45.3	15.6

Уровень шумовой помехи в дБА = 99.6, с учетом поправки на фон = 60.7,
 превышение допустимого = 49.6.

Параметры шума не соответствуют санитарным нормам.

График частот шума источника, защищенного звукоизолирующим экраном №3:

6. Звукоизолирующий экран №4:

Частота, Гц	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Звуковое давление, Дб	57.5	68.3	62.8	78.7	83.8	97.1	99.3	86.3	55.6
Звуковое	1.6	9.7	16.7	42.5	48.4	73.9	71.9	69.7	42.2

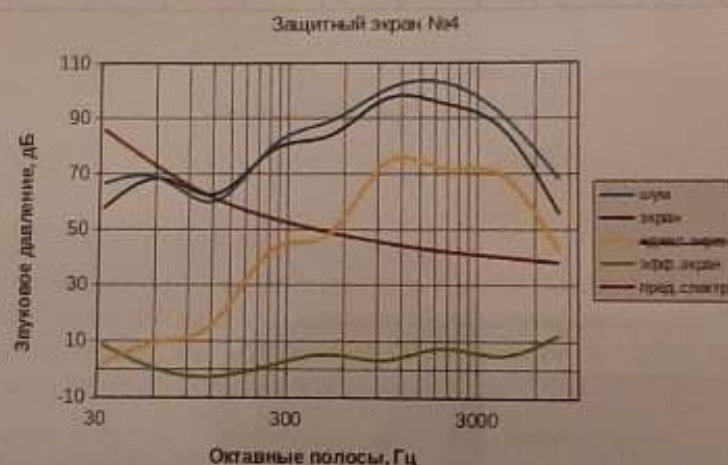
...можно сделать вывод, что экран №1 произведен из ДВП, экран №4 из алюминия
и экран №3 - из алюминия с отверстиями, а экран №2 - из алюминия с отверстиями.

давление с учетом поправки на фон, Дб									
Превышение допустимого звукового давления, Дб	-	-	1,8	24,7	34,8	52,1	53,3	46,3	17,6

Уровень шумовой помехи в дБА = 100, с учетом поправки на фон = 61,1, превышение допустимого = 50.

Параметры шума не соответствуют санитарным нормам.

График частот шума источника, защищенного звукоизолирующим экраном №4:



7. Звукоизолирующий кожух №2 и звукоизолирующий экран №1:

Частота, Гц	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Звуковое давление, Дб	58.3	68.2	54.8	60.2	71.9	86.3	83.4	64.5	40.7
Звуковое давление с учетом поправки на фон, Дб	2.4	9.6	8.7	24	36.5	63.1	60	47.9	27.3
Превышение допустимого звукового давления, Дб	-	-	-	6.2	22.9	41.3	41.4	24.5	2.7

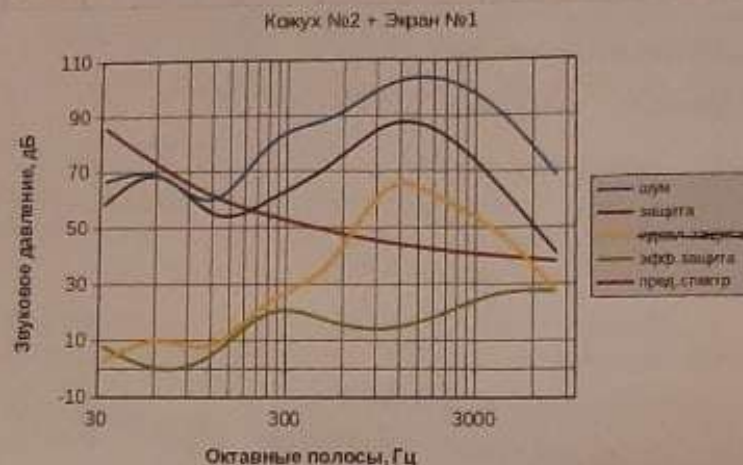
Уровень шумовой помехи в дБА = 88,4, с учетом поправки на фон = 49,5,
превышение допустимого = 38,4.

от аномальной проводимости алюминия с экраном кристаллографическая ориентация же экранов шума в области частот определения спектра. При использовании экрана можно ожидать аномального усиления шума в области частот, лежащих в звуковой тени микроволновки. Выходом от края помещения будет открыт низкочастотному шуму от края помещения больше, чем высокочастотному. Сделать вывод, что экран №1 произведен из ДВП, экран №4 из алюминия и похожий экран №3 из алюминия с отверстиями, а экран №2 из ДВП.

САНКТ-ПЕТ
ЭЛЕКТРО
«СЭТИ»
Ка

Параметры шума не соответствуют санитарным нормам.

График частот шума источника, защищенного звукоизолирующим кожухом №2 и звукоизолирующим экраном №1:



Дополнительное задание:

- Звукопоглощение — энергия звуковых волн переходит во внутреннюю энергию вещества за счет. Звуковые волны вызывают колебания звука в порах вещества, что сопровождается трением в следствии вязкости воздуха и последующим нагреванием.

Эффективность звукопоглощения описывается диффузным коэффициентом альфа, который равен отношению поглощенной энергии к падающей. Он представляет из себя среднее значение нескольких частных случаев, значение каждого из которых зависит от частоты и угла падения звуковой волны.

При увеличении толщины материала повышается поглощение звука на более низких частотах вследствие увеличения отношения длины пути звука в материале к длине звуковой волны, сама же длина пути роли не играет. В общем в области средних частот звукопоглощающий материал поглощает до 5 дБ.

Как правило такие материалы используются для минимизации эффекта отражения звука от стен помещения, но также могут быть использованы для предотвращения прохождения звука сквозь преграды.

- Звукоизоляция — энергия звуковых волн отражается от твердого материала обратно к источнику вместо того, чтобы пройти сквозь преграду.

Звукоизолирующая способность определяется отношением $10 \cdot \lg(1/t)$, где t — коэффициент звукопроводности, равный отношению прошедшей сквозь материал энергии к падающей. Эффективность звукоизоляции (как

Звукоизолирующая способность следует т.н. закону масс, и может быть рассчитана по формуле:

$$ZI = 20 \cdot \log_{10} (m \cdot f) - 60$$

где m - масса перегородки, а f - длина волны.

Тем не менее, на некоторых частотах этот закон нарушается. Следует рассмотреть т.н. резонансную частоту, на которой перегородка излучает больше шума, чем она в резонансе. Эта частота вычисляется по формуле:

$$f_r = \frac{c^2}{1,8 c_p \cdot h_p}$$

где c_p - скорость звука в перегородке, а h_p - толщина перегородки.

Влияние отверстий в звукоизолирующей перегородке на качество звукоизоляции можно рассчитать по следующей формуле:

$$\Delta ZI = 10 \cdot \log_{10} \frac{1 + 10^{0,1 \cdot ZI_{\text{н.р.}}}}{1 + S_p/S_0} \cdot S_p/S_0$$

где S_p - площадь проёма, S_0 - площадь стены.

и любой другой меры защиты от шума) описывается разностью звуковых давлений в помещении до и после ее установки.

Часто используются звукоизолирующие кожухи, закрывающие источник шума. Фактическая звукоизоляция такого кожуха отличается от теоретической в меньшую сторону в следствии повышения внутри него уровня звукового давления из-за отражения звука от его внутренней поверхности.

- Экранирование — по сути частный случай звукоизоляции. Разница заключается в том, что экран перекрывает только распространение прямого звука и защищает от шума только пространство непосредственно за ним за счет создания своеобразной звуковой тени.

Его эффективность кроме всего прочего зависит от взаимного расположения экрана, источника звука и защищаемой точки, а также формы и размера экрана.

Использование экранов эффективно только для защиты от средне- и высокочастотных шумов, так как низкочастотные звуки огибают экран в следствии дифракции. Также неэффективно использовать экраны в помещениях, где высок уровень звукового давления, создаваемый отраженным звуком.

Целесообразно использовать экраны, например, на открытом пространстве, для защиты жилых домов от шумной автомобильной трассы.

В теории, звукопоглотитель должен лучше всего поглощать короткочастотные шумы, а также минимизировать создание отраженного шума в помещении источника звука. С увеличением толщины слоя звукопоглотителя, он должен все лучше поглощать также средне- и низкочастотные шумы. Его защитные свойства будут улучшаться с увеличением коэффициента альфа (е.г. качества материала). Тем не менее, другие помещения звукопоглотитель защищает не идеально, снижая уровень звукового давления в среднем на 4-5 дБ.

Звукоизолятор должен одинаково хорошо отражать звук любой частоты. С увеличением толщины и коэффициента τ_{au} материала его звукоизолирующие свойства повышаются. Наличие любых щелей и отверстий должно сильно ухудшать качество защиты от шума.

Звукоизолирующий экран должен нормально защищать от коротко- и среднечастотных шумов пространство, находящееся непосредственно за ним. Также как и в случае со звукоизолятором, его свойства улучшатся при повышении толщины и коэффициента τ_{au} и понижатся при наличии отверстий и щелей. Экран должен показывать меньшую эффективность в случае возникновения отраженного звука.

Звукопроводность материала прямо зависит от его плотности и жесткости.

Вследствие влияния романской частицы можно ожидать
анализируемую трансформацию хранил из аэтилы на Г-х
нижних частях, кассе хранил из аэтилы (т.к. ~~содержит~~
~~Гидро~~ скорости звука в аэтилы ~~Гидро~~ в аэтилы
(200-4) мм (200-4) мм

Из-за эффекта дифракции длинные волны проходят
сквозь отверстие лучше, чем короткие, но в то же время
волны, длина которых меньше ширины отверстия,
проходят сквозь него без помех.

Тупая ширина щели ≈ 2 мм, а ширина отверстия ≈ 15 см.
В таком случае щель пропускает волну частотой более 100 МГц.

бы 63000 Гц, а экран - более 2300 Гц. Следует учитывать также, что микроден находится не непосредственно за универсальным, т.е. звук, даже полностью преломленный через экран, будет отражен от обшивки периметра стенок, прежде чем попасть на него, следовательно, высокие частоты будут, скорее всего, поглощены. Низкие же частоты, наоборот, пройдя сквозь универсаль, выйдутся за экран и практически без потерь вернутся на микроден.

ДВП обладает самой ~~низкой~~ ^{высокой} разностной частотой т.к. в нем скресить звука самой ~~низкой~~ ^{широкой} (~~самой~~ ~~низкой~~). С другой стороны ДВП обладает некоторыми ~~звучными~~ ^{звучными} эффектами из-за нерисовой структуры, так что ~~высшие~~ ^{высшие} частоты он должен пропускать хуже остальных экранов.

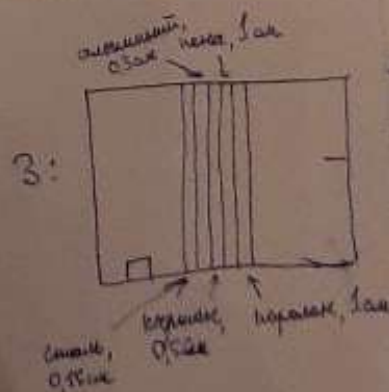
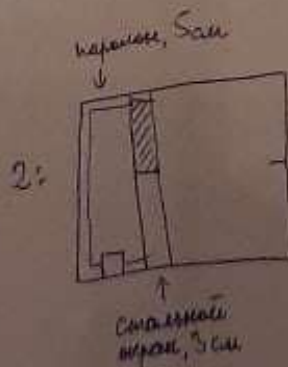
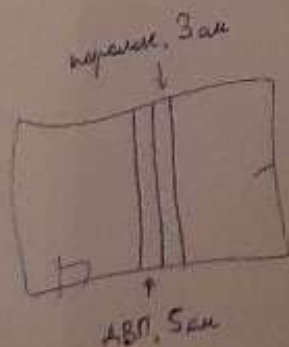
Вывод из полученных экспериментальных данных можно сделать вывод, что:

1: активный; 2: активный с авторитетом; 3: АБП;
4:

4: consult CO reference

На основании изученных материалов можно предложить следующие новые средства защиты:

1. Лучший показатель защиты показал экран из ДВП. Тем не менее, его было недостаточно для обеспечения соответствия санитарным нормам, особенно для высоких частот. Предлагается в качестве средства защиты от шума взять более толстый и менее плотный лист ДВП (для того, чтобы еще сильнее улучшить изоляцию) и снабдить его слоем поролона со стороны, обращенной к источнику звука. Поролон впитывает высокочастотные волны и сделает помещение за перегородкой соответствующим допустимым нормам шума. Также рекомендуется заделать щели.
2. Экран из стали с ^{отверстиями} ~~отверстиями~~ показал незначительное превышение нормы в области низких частот, но зато неплохие показатели в области высоких. В качестве средства защиты от шума предлагается взять экран из стали, снабдив комнату с микрофоном толстым слоем поролона для погашения как высоких, так и низких частот. Микрофон при этом желательно отодвинуть как можно дальше от отверстия.
3. Несмотря на очевидное снижения уровня шума, ни один из представленных способов защиты не показал больших успехов в защите от шума. В качестве нового средства защиты предлагается скомбинировать звукоотражающие и звукопроводящие свойства нескольких материалов. Для этого необходимо вплотную расположить экраны из разных материалов (поролон, пена, картон, ДВП, алюминий, сталь) в порядке от менее плотного рядом с источником шума к более — рядом с микрофоном. Каждый следующий по ходу движения звуковой волны слой будет отражать все больше и больше звука назад, в менее плотные слои, которые будут этот звук поглатывать и не давать отражаться от стен.



Выводы

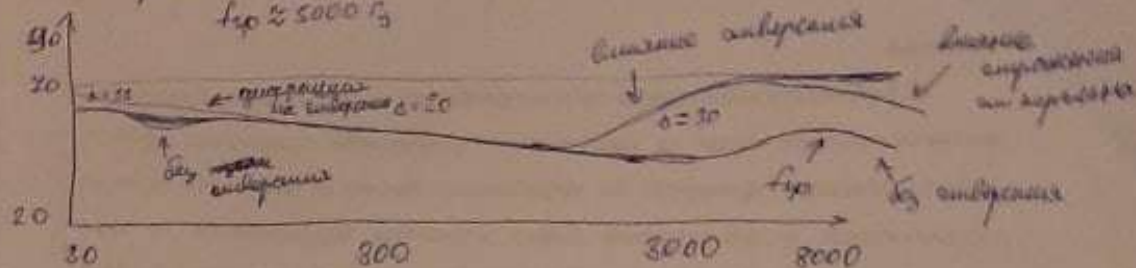
В результате выполнения лабораторной работы исследованы параметры производственного шума на соответствие требованиям санитарных норм и изучены основные принципы по эффективной защите от шума. Ни один из рассмотренных в лабораторной работе вариантов звукоизоляции не смог обеспечить эффективную защиту от шума на средних и высоких частотах. Кроме возможных щелей и погрешностей снятия такой результат (в случае с экранами) может быть связан с тем, что измерение проводилось в закрытом пространстве, стенки которого отражали звук.

В целом защитные кожухи показали себя немного лучше экранов, в особенности на низких частотах. В некоторых случаях экраны даже усиливали шум на низких частотах (показывали отрицательную эффективность). Скорее всего это связано с появлением эффекта дифракции на щелях экранов. Лучший результат был показан комбинированным решением из защитного кожуха №2 и защитного экрана №1.

из алюминия:
 $f_p \approx 15 \text{ Гц}$

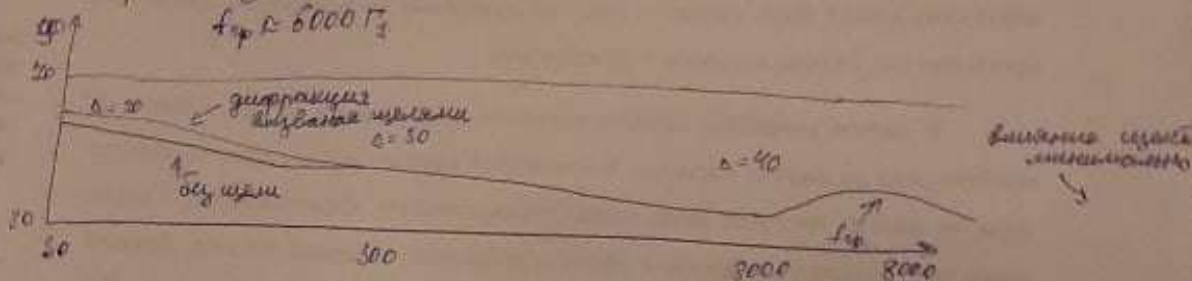
1: экран из алюминия (с отверстием):

$f_p \approx 5000 \text{ Гц}$



2: экран из стали (с отверстием):

$f_p \approx 6000 \text{ Гц}$



3: экран из АВП:

