

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии имени А.Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технологии
машиностроительного производства»

Абитова Надия Каиратовна

Возможность снижения шума на производстве с помощью компьютерного
моделирования на примере станка модели 11Т16А

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В071200 – Машиностроение

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии имени А.Буркитбаева
Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технологии
машиностроительного производства»



ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Возможность снижения шума на производстве с помощью
компьютерного моделирования на примере станка модели 11Т16А»

по специальности: 5В071200 - Машиностроение

Выполнила

Абитова Н.К.

Рецензент

Кандидат технических наук,
ассоциированный профессор
(должность, уч. степень, звание)

 Смаилова Г.А.
(подпись) Ф.И.О

« 29 » 04 2019г.

Научный руководитель

Кандидат технических наук,
ассоциированный профессор
(должность, уч. степень, звание)

 Орлова Е.П.
(подпись) Ф.И.О

« 29 » 04 2019г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технологии
машиностроительного производства»

5B071200 – Машиностроение



УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
С.М.И.Т.МУТ, PhD, ассоц. проф.
Арымбеков Б.С.
_____ 2018 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся: Абитовой Надие Каиратовне

Тема: Возможность снижения шума на производстве с помощью
компьютерного моделирования на примере станка модели 11Т16А.

приказом Ректора Университета № 1252-п от "06" ноября 2018г.

Срок сдачи законченной работы "2" мая 2019г.

Исходные данные к дипломной работе: Проектирование малошумной трубы
автомата 11Т16А, крутящий момент на шпинделе станка $M = 27,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Понятие и методы защиты от шума на токарных станках
- б) Техническая характеристика токарного автомата модели 11Т16А
- в) Проектирование звукопоглощающей трубы
- г) Анализ снижение шума с помощью звукопоглощающей трубы

Перечень графического материала: чертеж звукопоглощающей трубы – 1 лист
формата А4, кинематическая схема токарного автомата 11Т16А -1 лист
формата А4, график зависимости уровня звукового давления и частоты - 1 лист
формата А4, *представлены ___ слайдов презентации работы*

Рекомендуемая основная литература: *из 4 наименований*

- а) Дж.Д. Вебб. Контроль шума в промышленности. – Л.: Судостроение,
1981.

б) Производственный шум./Алексеев С.В., Хаймович М.Л.-Л.: Медицина, 1991.

в) Металлорежущие станки. Учеб. пособие для вузов Н. С. Колев, Красниченко Л. В., Никулин Н. С. и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980.


г) Устройство и наладка автомата продольно-фасонного точения модели 1П16: лабораторный практикум / В.А. Ванин, В.Х. Фидаров, А.Н. Колодин. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
Поиск информации Список литературы Понятие шума, общие принципы защиты от шума	08.02.19 - 10.03.19	<i>выполнено</i>
Исследования токарного станка модели 11Т16А	10.03.19 – 19.04.19	<i>выполнено</i>
Проектирование малошумной трубы токарного автомата Графическая часть	22.04.19 – 30.04.19	<i>выполнено</i>

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу
с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименование разделов	Консультант, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Карпеков Р.К, лектор	<i>29.04.2019</i>	

Научный руководитель _____  Орлова Е.П.

Задание принял к исполнению обучающийся _____  Абитова Н.К.

Дата _____ "6" ноября 2018 г.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломной работы: Возможность снижения шума на производстве с помощью компьютерного моделирования на примере станка модели 11Т16А.

Основная цель данной работы: анализ возможности снижения уровня шума на производстве посредством компьютерного моделирования.

В первой главе говорится о понятии шума, выявлении источников шума при токарной обработке, зависимости уровня шума от режимов резания, роли инструмента при шумообразовании и о практических методах уменьшения уровня шума в источнике.

В работе систематизированы сведения о токарном автомате модели 11Т16А. Подробно проанализирована кинематическая схема данного станка, компоновка и принцип работы. Изучены особенности работы токарных автоматов и их основные характеристики.

Особо шумной частью в токарных автоматах являются направляющие трубы станка. В связи с этим был изучен предыдущий опыт в данной области и рассмотрены существующие конструкции малошумных труб токарных автоматов.

На основании полученных сведений разработана модель звукопоглощающей конструкции с помощью компьютерного моделирования в программе Компас - 3D.

Изучен и применен на практике графический метод исследования шума на станках, установлены зависимости частоты от уровня звукового давления.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыстың тақырыбы: 11Т16А станогын мысалға ала отырып өндірістік шуды төмендету мүмкіндіктерін компьютерлік модельдеу.

Бұл жұмыстың басты мақсаты компьютерлік модельдеу арқылы өндірістік шу деңгейін төмендету.

Бірінші тарауда өндірістік шу жайлы түсінік, токарлық өңдеу барысында шығатын шу көздерін, шу деңгейінің кесу режимдеріне тәуелділігі мен қолданылатын аспаптың шудың қалыптасуына тигізетін әсері және шуылдың деңгейін төмендетудің практикалық әдіс тәсілдері келтірілген.

Дайындалған жұмыста 11Т16А автоматты токарлық станок моделі жайлы мәліметтер жүйеге келтірілген. Осы станоктың кинематикалық схемасы мұқият зерттеліп, оның құрылымы мен жұмыс істеу қағидалары жіті талданды. Токарлық автоматты станоктың жұмыс ерекшеліктері техникалық сипаттамалары зерттелді. Токарлық автоматты станоктың аса шулы бөлігі бағыттаушы құбырлары болып табылады. Осыған байланысты саладағы алдында қолданылған тәжірибелер зерттелді және қазіргі кездегі қолданыстағы шуыл деңгейі төмен токарлық автомат құбырларының жұмысы қарастырылды.

Зерттеліп алынған мәліметтер негізінде шуыл деңгейін төмендететін конструкцияның компьютерлік моделі Компас - 3D бағдарламасы бойынша дайындалды. Станоктардағы шу деңгейі тәжірибе жүзінде графикалық тәсілмен зерттеліп, қолданылды. Шу деңгейінің дыбыстық қысым жиілігіне тәуелділігі анықталды.

ANNOTATION

Thesis: “The possibility of reducing noise in production using computer simulation for example machine model 11T16A”.

The main goal of this work is to analyze the possibility of reducing the noise level in production through computer simulation.

The first chapter deals with the concept of noise, the identification of noise sources during turning, the dependence of noise level on cutting conditions, the role of an instrument in noise generation and practical methods for reducing the noise level at the source.

The work systematized information about the automatic lathe model 11T16A. The kinematic scheme of this machine, the layout and principle of operation are analyzed in detail. The features of the operation of automatic lathes and their main characteristics are studied.

Particularly noisy part in automatic lathes is machine guide tubes. In this regard, previous experience in this field was studied and the existing designs of low-noise pipes of automatic machines were considered.

Based on the information received, a model of sound-absorbing structure was developed using computer simulation in the Compas-3D program.

A graphical method for studying noise on machines has been studied and put into practice, and the dependencies of frequency on sound pressure level have been established.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	10
1 Понятие шума, общие принципы защиты от шума	11
1.1 Модели источников шума при токарной обработке	13
1.2 Существующие зависимости влияния режимов резания на шумообразование	16
1.3 Уменьшение шума в источнике токарных автоматов	16
2 Исследования токарного станка модели 11Т16А	18
2.1 Основные характеристики станка	18
2.2 Принцип работы и компоновка станка	19
2.3 Кинематическая схема	21
3 Проектирование малошумной трубы токарного автомата	23
3.1 Существующие модели малошумных направляющих труб	24
3.2 Разработка малошумной модели направляющей трубы	25
3.3 Анализ возможности снижения шума	26
Заключение	33
Список использованной литературы	
Приложение А	
Приложение Б	
Приложение В	

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития производства существенно возрастает значение борьбы с шумом и вибрацией. Это происходит вследствие ряда факторов: технического прогресса, санитарно-гигиенических норм и медицинских показателей, экологических разработок.

Начало изучения звуков было положено во времена таких ученых как Пифагор, Аристотель, Леонардо Да Винчи, Исаак Ньютон. В СССР исследованием шума занимались такие авторы как Г.Л. Осипов, Н.И. Иванов, Е.Я. Юдин, И. Г. Шубов. Из зарубежных авторов, занимающихся данной темой, следует отметить К. Хансена, Р.Рандольфа, А. Джонсона, П.Вилкинса. Из казахстанских исследователей вопросом производственного шума занимались С.К. Куттыбаев, И.П. Заликанова, Е. Б. Утепов, Д.К. Сулеев.

Целью данной работы является рассмотрение с помощью компьютерного моделирования вариантов снижения шума на станке модели 11Т16А.

Из ключевых задач следует выделить:

- Исследование устройства токарных автоматов;
- Выявление источников шума при токарной обработке;
- Расчет эффективности разработанных методов снижения шума на примере модели 11Т16А.

Основные методами исследования шума являются: экспериментальный, теоретический и графический. При экспериментальном методе соответственно проводят ряд испытаний с использованием таких приспособлений как шумомеры, также в настоящее время используют программы-анализаторы, например Decibel Reader. При теоретическом методе используют соответственно расчеты. При графическом методе используют различные зависимости величин и их графики.

Данная работа состоит из введения, трёх глав и заключения, списка использованной литературы, а также из графических приложений. Первая глава описывает источники шума на токарных автоматах и варианты снижения шума в источнике. Вторая глава описывает устройство, характеристики и принцип работы токарного автомата модели 11Т16А. В третьей главе проводится разработка звукопоглощающей конструкции для направляющей трубы токарного автомата 11Т16А.

1 Понятие шума, общие принципы защиты от шума

Машиностроение является быстроразвивающейся сферой, которая охватывает производство, инновации, инженерные решения, тем самым способствуя прогрессу. Поэтому в целом в машиностроение входит огромный пласт специалистов: ученые, разрабатывающие новые методы и идеи, инженеры, мастера и рабочие различных уровней, а также специалисты по организации производства, которые способствуют повышению эффективности работы. В настоящее время разработано огромное количество программ, помогающих увеличить эффективность производства и помочь в управлении, организации и наладке коммуникаций между всеми участниками производственных процессов.

Также помимо организации на предприятии огромную роль играет безопасность работников, так как производство связано с риском. Риски связаны с условиями труда, заводы обычно располагают за чертой города, и очень часто условия труда, особенно в холодное время могут быть непростыми. Существует определенные стандарты условий труда, которые необходимо соблюдать. Далее открывается такая сфера как безопасность жизнедеятельности. Безопасность жизнедеятельности (БЖД) – это совокупность знаний, обеспечивающих безопасность человека и различных средах его деятельности. БЖД характеризуется наличием опасных и вредных факторов.

Вредный фактор на производстве - условие среды или трудового процесса, которое может вызывать у работника ухудшения здоровья и снижение эффективности работы. Одним из вредных производственных факторов является шум [1].

Сочетание звуков различной частоты и интенсивности при определенных условиях характеризуют как шум. В общем случае, звук - колебательное движение частиц среды, которое распространяется в виде волн. Человеческий слух воспринимает звуки с диапазоном частот от 16 до 20000 Гц. Частоты менее 16 Гц - инфразвуковые, а частоты более 20000 Гц - ультразвуковыми.

Звук возможно охарактеризовать через физические величины с помощью функции времени [2]. Из этого следует то, что эти процессы можно представить в виде синусоидальных колебаний с различными периодами и амплитудами.

Колебания характеризуются частотой и среднеквадратичным значением физической величины. Их зависимость называется частотным спектром звука.

При разложении в ряд Фурье периодические колебания представляют собой сумму синусоид с различной амплитудой. Такие синусоиды образуют дискретный или линейчатый спектр (рисунок 1.1,а). При помощи интеграла Фурье непериодические колебания представляют в виде суммы большого числа синусоидальных составляющих, которые образуют сплошной спектр (рисунок 1.1,б). Звуковые процессы представляют в виде смешанного спектра, который изображается в виде сплошного и дискретного спектров, наложенных

друг на друга (рисунок 1.1,в). Белым спектром называется спектр с одинаковой интенсивностью звука по всем частотам (рисунок 1.1,г) [1].

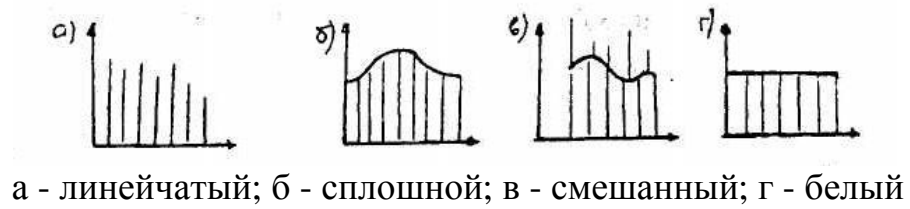


Рисунок 1.1 - Типы спектров

Механические шумы имеют смешанный спектр, а ударный шум имеет сплошной спектр. Шум может определяться с помощью таких понятий как звуковое давление, плотность звуковой энергии, сила звука, и т.д. Шум также можно характеризовать тембром, высотой, громкостью и продолжительностью действия. Звуковое давление измеряется в белах, децибелах [1].

Уровень звукового давления:

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0}, \text{ дБ}$$

где p - измеренное звуковое давление в Па;

p_0 - условный порог давления, равный $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Уровень интенсивности (силы) звука:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ}$$

где I - интенсивность звука, Вт/м²;

I_0 - условная интенсивность звука, Вт/м².

Звуковое давление и интенсивность численно совпадают в плоской звуковой волне свободного звукового поля.

Уровень звуковой мощности источника:

$$L_w = 10 \lg \frac{W}{W_0}, \text{ дБ}$$

где W - звуковая мощность, Вт;

W_0 условный порог звуковой мощности, равный 10-12 Вт.

По уровню звуковой мощности сравнивают механические источники шума в производственной среде [2].

1.1 Модели источников шума при токарной обработке

Основные источники шума на токарных станках можно разделить на 4 группы:

1 Зубчатые передачи – главного и вспомогательного движения, коробки передач. Зубчатые передачи (рисунок 1.2) обычно имеют ровный жужжащий звук низкого тона, косозубые передачи ровный воющий звук. Шум высокого тона в данных передачах возникает при наличии местных дефектов зубьев и искажении их формы. Дребезжащий шум возможен при несоосности колес. Циклические удары, глухой стук возможен при изломе зубьев [3].



Рисунок 1.2 – Зубчатые передачи

2 Гидравлические агрегаты. К ним относят: насосы и гидродвигатели, распределительная и регулирующая гидроаппаратура, гидравлические усилители. В общем случае гидроагрегаты (рисунок 1.3) устанавливают в отдельном месте от работающей машины. Основным источником шума в данных системах является насос, так как, например, у поверхностей лопаток насоса может возникать кавитация жидкости, что и вызывает шум [4].



Рисунок 1.3 - Гидравлический агрегат с трудно воспламеняющейся гидравлической жидкостью

3 Электродвигатели. В электродвигателях (рисунок 1.4) различают три вида шумов: механический, магнитный и аэродинамический. Аэродинамический шум вызван вращением ротора и вентилятора. Механический шум вызван неуравновешенностью ротора и работой

подшипников. Магнитный шум создается колебаниями статора и ротора под действием магнитных сил [5].



Рисунок 1.4 – Электродвигатель WEG

4 Направляющие трубы токарных автоматов (рисунок 1.5). Причина шума в данном случае в том, что происходит соударение обрабатываемого прутка с направляющими трубами токарного автомата.



Рисунок 1.5 – Направляющие трубы токарного автомата 1Б240-6К

Вместе с тем, источником шума являются:

– подшипники. В подшипниках качения (рисунок 1.6) источником шума является соударение, трение и вибрации деталей. Шум вызван, прежде всего, процессом качения и дисбалансом ротора, особенно при увеличении скорости вращения. Шум шарикоподшипников на 5-6 дБ ниже шума роликовых. Подшипники скольжения являются менее шумными чем подшипники качения, разница может достигать 10-20 дБ. В подшипниках скольжения шум возникает вследствие трения поверхностей подшипников и валов [6].

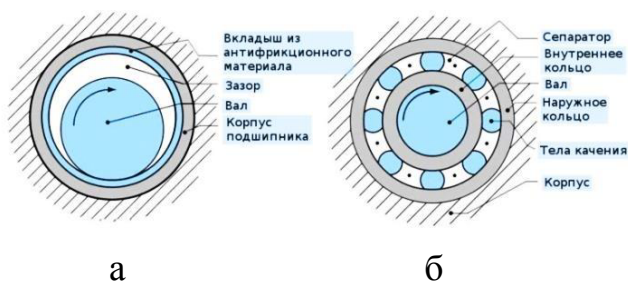


Рисунок 1.6 – Подшипник скольжений (а) и подшипники качения (б)

– ременные передачи. В ременных передачах (рисунок 1.7) можно заметить свист, он возникает при слишком сильном натяжении ремня, особенно после замены ремня. Характерный визг ремня возникает при недостаточном натяжении ремня [7].



Рисунок 1.7 – Ременная передача

– кулачковые механизмы. В кулачковых механизмах (рисунок 1.8) возникают переменные силы в зоне контакта пары кулачок – ролик, что может вызывать колебание деталей и их шум [6].

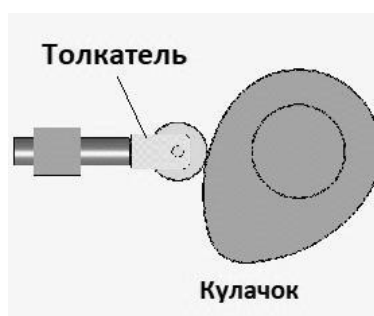


Рисунок 1.8- Кулачковый механизм

– дисковые муфты. Глухие толчки соответствуют износу элементов дисковых муфт (рисунок 1.9). Стуки низкого тона соответствуют несносности муфт. Частые и резкие удары соответствуют биению муфт [6].

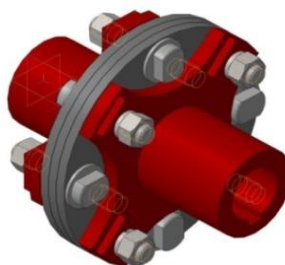


Рисунок 1.9 – Дисковая муфта

1.2 Существующие зависимости влияния режимов резания на шумообразование

В процессе резания на токарном станке возникает характерный скрежет и свист.

Шум возникающий в процессе резания связан с нагрузками на приводы главного и вспомогательного движений, с уровнем вибрации упругой системы (УС) станка, состоянием и конфигурацией инструмента, обрабатываемым материалом. Резец в процессе резания движется по направлению силы резания, а затем при обратном его движении сила резания увеличивается, что вызывает шум. Шум также возникает при обработке материалов, имеющих сыпучую стружку, например чугун и бронза.

Для того чтобы снизить уровень шума в процессе резания применяют следующие методы: регулирование режимов резания, изменение геометрии режущей части инструмента, увеличение жесткости системы СПИД (станок - приспособление – инструмент - деталь), применение виброгасителей и применение СОЖ (смазочно-охлаждающей жидкости).

Виброгасящие фаски (рисунок 1.10) используют для изменения геометрии инструмента путем уменьшения заднего угла α резца, так как это увеличивает силу трения, которая совершает отрицательную работу и вычитается из энергии идущей на развитие колебаний. Увеличение переднего угла γ и главного угла в плане ϕ резца способствует снижению автоколебаний.

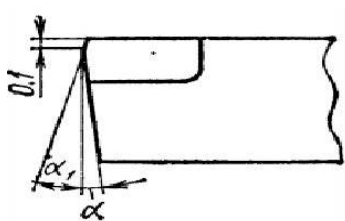


Рисунок 1.10 - Виброгасящая фаска

Выстой инструмента и снятие широкой тонкой стружки при резании также могут быть причинами увеличения шума, поэтому благоприятней работать с большей подачей и меньшей глубиной резания для снижения колебаний.

При применении СОЖ возможно уменьшить тональный шум. Например, при обработке чугуна СОЖ уменьшает силу трения и устраняет свист, тем самым снижая шум на 5 - 10 дБ [8].

1.3 Уменьшение шума в источнике токарных автоматов

Выше были описаны источники шума при токарной обработке. В токарных станках автоматах основными источниками шума являются

электродвигатели, инструмент в процессе резания, приводы (зубчатые и ременные передачи), муфты и подшипники.

Редуктор и коробки скоростей часто заключают в защитный кожух от шума.

Уменьшению шума зубчатых передач способствуют:

- смена прямозубых зубчатых колёс на косозубые;
- использование амортизирующих прокладок, например из свинца;
- помещение зубчатых колес в масляные ванны;
- замена в зубчатых передачах стального колеса пластмассовым,

например, из капрона, что позволяет снизить шум до 20 дБ.

Снижение шума электродвигателей в токарных станках может быть достигнуто:

- правильной динамической балансировкой ротора двигателя;
- повышением жесткости вала ротора, корпуса двигателя, подшипниковых щитов и др.;
- заключением электродвигателя в звукоизолирующий кожух, выгородку и т. д.

Шум при ударе пруткового материала о направляющую трубу в токарных автоматах может достигать 100-120 дБ. Его можно уменьшить заменой металлической трубы пластмассовой трубой или облицовкой металлической трубы упругой мастикой с техническим войлоком или резиной [8].

2 Исследования токарного станка модели 11Т16А

Токарные станки рассчитаны на обработку резанием или точением заготовок типа тел вращения. На них выполняют как черновое и чистовое точение различных поверхностей (цилиндрических, фасонных, конических), так и подрезку торцов, нарезание резьб, развёртывание и зенкерование отверстий, сверление и т. д.

Принцип обработки на токарных станках заключается в следующем, обрабатываемая заготовка получает вращение от шпинделя, а резец, расположенный в резцедержателе с помощью суппорта перемещается от ходового винта или вала. Разделяют токарные станки на универсальные и специализированные. Также выделяют 9 групп токарных станков: автоматы и полуавтоматы, револьверные, сверлильно-отрезные, карусельные, токарные и лобовые, многорезцовые, специализированные, разные токарные.

В данной работе будут рассматриваться шумовая характеристика токарного автомата модели 11Т16А и возможность ее улучшения. Автомат - это станок, в котором автоматизированы все основные и вспомогательные движения, необходимые для выполнения полного технологического цикла обработки детали. Токарные автоматы бывают универсальные и специальные и также подразделяются по:

- виду заготовок – патронные и прутковые;
- по расположению шпинделей - вертикальные и горизонтальные;
- по количеству шпинделей – одно-и многошпиндельные.

В автоматах в основном используют кулачковый привод, а автоматическое управление станком осуществляется за счет распределительного вала [9].

2.1 Основные характеристики станка

На рисунке 2.1 представлена схема станка автомата 11Т16А, на которой обозначены основные установочные размеры.

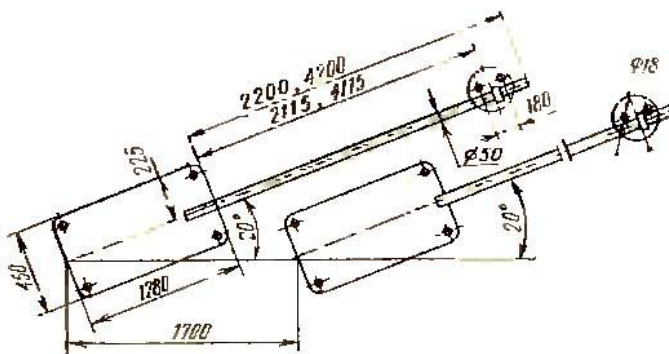


Рисунок 2.1 - Установочная схема токарно-продольного станка автомата 11Т16А

Основные характеристики станка представлены в его паспорте в виде таблицы (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Основные характеристики станка 11Т16А

Параметр	11Т16А
По ГОСТ 8-82 класс точности	А
Наибольший диаметр устанавливаемого прутка, мм	16
Наибольшая длина подачи прутка с дисковым кулачком, мм	80
Наибольшая длина подачи прутка с колокольным кулачком, мм	140
Расстояние от торца шпинделя до опорной плоскости резцов, мм	1..220
Расстояние от основания автомата до оси шпинделя, мм	1120
Наименьший остаток прутка при работе с люнетом, мм	105
Наименьший остаток прутка при работе без люнета, мм	25
Наибольшие размеры обрабатываемого прутка, мм	16x2000
Наибольшее сечение резца, мм	12x12
Пределы времени изготовления детали, с	1,87..1200
Шпиндель	
Число ступеней частот прямого вращения шпинделя	24
Частота прямого вращения шпинделя, об/мин	450..6300
Размер внутреннего конуса цанги, мм	28h11
Угол конуса цанги, град	30
Наибольший крутящий момент на шпинделе, Н·м	27,5
Суппорт и подачи	
Пределы частот распределительного вала, об/мин	0,05..32
Количество частот вращения распределительного вала на одну частоту вращения шпинделя	29..38
Частота вращения распределительного вала на быстром ходу, об/мин	0,05..32
Электрооборудование	
Количество электродвигателей на станке	1
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	3,0
Мощность электродвигателя насоса охлаждения, кВт	0,125
Масса станка и габариты	
Габариты станка (длина, ширина высота), мм	1945 x 945 x 1520
Масса станка, кг	1200

2.2 Принцип работы и компоновка станка

В автоматах продольного точения обрабатываемый пруток совершает вращательное движение и продольное поступательное перемещение $S_{\text{прод}}$. (рисунок 2.2) [10].

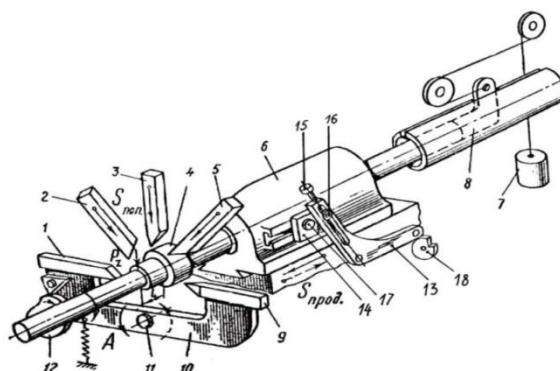


Рисунок 2.2 – Схема работы автомата продольного точения

Подача вперед шпиндельной бабки 6 осуществляется через рычаг 13 и при помощи планки 14 кулачком 18, а положение назад, отпустив гайку 17. Изменение хода шпиндельной бабки происходит при вращении винта 15 и ролика. Гайку 16 отпускают до и затягивают после регулировки. Пружина необходима для отвода шпиндельной бабки. По стрелке А шпиндель имеет левое вращение.

Вертикальные суппорты 2, 3, и 5 прямолинейно перемещаются и управляются от кулачков распределительного вала. Горизонтальные суппорты 1 и 9, расположенные на балансире 10 могут совершать движение вокруг оси 11 и управляются с помощью кулачка 12.

Люнет 4 неподвижный и необходим для дополнительной передней опоры прутка. Толкатель 8 под действием груза 7 поджимает пруток с правого конца.

На основании (рисунок 2.3) устанавливаются узлы станка. Электродвигатель обычно располагают с задней стороны основания. Редуктор, привод, пульт управления и резервуар с насосом системы охлаждения смонтированы в основании. Шкаф с электрооборудованием прикреплен к стенке основания.

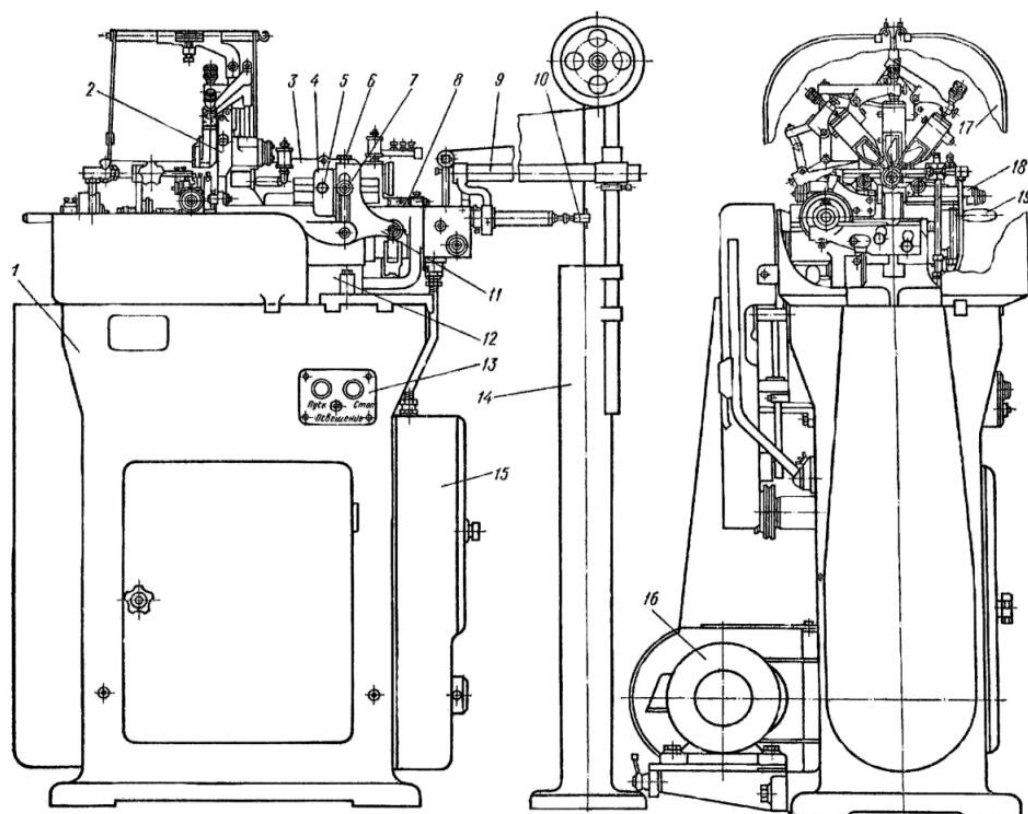
На основании монтируется станина вместе со шпиндельной бабкой и механизмом зажима прутка, балансир, стойка с люнетом, вертикальные и горизонтальные поперечные суппорты. Кулачки с распределительным валом расположены на задней части станины станка и осуществляют движение вдоль её направляющих. Включение вращения распределительного вала осуществляется за счет ручки на передней части станины [9].

Для изменения передаточного отношения в одном плече двуплечего рычага выполнен паз, к которому крепится гайкой сухарь.

Для того чтобы ограничить ход шпинделя вправо и назад, предусмотрен жесткий упор.

Стойка с направляющей трубой необходима для поддерживания и поджатия прутка во время работы и располагается справа.

Для того чтобы осуществить защиту от разбрызгивания охлаждающей жидкости на автомате устанавливают щитки [10].



1 – основание; 2 – стойка; 3 - шпиндельная бабка; 4 – планка; 5 – болт; 6 – винт; 7 - гайка; 8 – упор; 9 – направляющая труба; 10 – винт регулировки натяжения пружины; 11- двулучий рычаг; 12 - станина; 13 - пульт управления; 14 – стойка; 15 – шкаф; 16 - электродвигатель; 17 - щитки; 18 - балансир 19 – ручка

Рисунок 2.3 – Компоновка автомата продольного точения 11Т16А

2.3 Кинематическая схема

Кинематическая схема (приложение А) автомата модели 11Т16А состоит из цепи вращения распределительного вала, привода главного движения и привода приспособлений.

Главным движением в автоматах является вращение шпинделя вместе с прутком. Привод в данном случае осуществляется от электродвигателя мощностью $N = 3$ кВт и частотой вращения $n = 960$ мин⁻¹. От электродвигателя M через клиноременную передачу со сменными шкивами А и Б, находящихся на валу I вращение передается на основной вал III. С основного вала через плоскоременную передачу со шкивами диаметром 90 мм и 180 мм движение осуществляется на шпиндель IX станка [10]. Уравнение кинематического баланса главного движения:

$$n_{\text{эл.дв}} \frac{A}{B} \frac{180}{90} = n_{\text{шп}}, \text{ мин}^{-1} \text{ или } 960 \frac{A}{B} \frac{180}{90} = n_{\text{шп}}, \text{ мин}^{-1}.$$

На распределительном валу VIII располагаются кулачки, отвечающие за подачу инструментов и заготовки, перемещение других органов станка-автомата: движение третьего, четвертого и пятого суппортов - Д, Е и Ж; за балансир отвечает кулачки Г; зажим и отпускание заготовки - Л; отключение и включение быстрого вращения распределительного вала - К; движение шпиндельной бабки - М; регулирование привода приспособлений - В; управление ловителем готовых деталей - З.

Для осуществления рабочего хода станка от основного вала III через клиноременную передачу, червячную передачу $z_k = 32$ и $K_2 = 1$, гитару зубчатых колёс а, б, в, г, д, е, полумуфты К - К₁, далее с помощью клиноременной передачи со шкивами диаметрами 232 мм и 137 мм, муфту К_{м1}, червячную пару К = 2 и $z_k = 45$ получает вращение распределительный вал VIII.

Для осуществления ускоренного хода автомата с помощью электродвигателя М и ременной передачи через винтовую зубчатую передачу $z = 18$ и $z = 12$, клиноременную передачу со шкивами диаметрами 88 мм и 143 мм, зубчатые колёса $z = 20, 32, 56$, полумуфты К - К₁, далее через клиноременную передачу со шкивами диаметрами 232 мм и 137 мм и червячную пару вращение передается на распределительный вал [10].

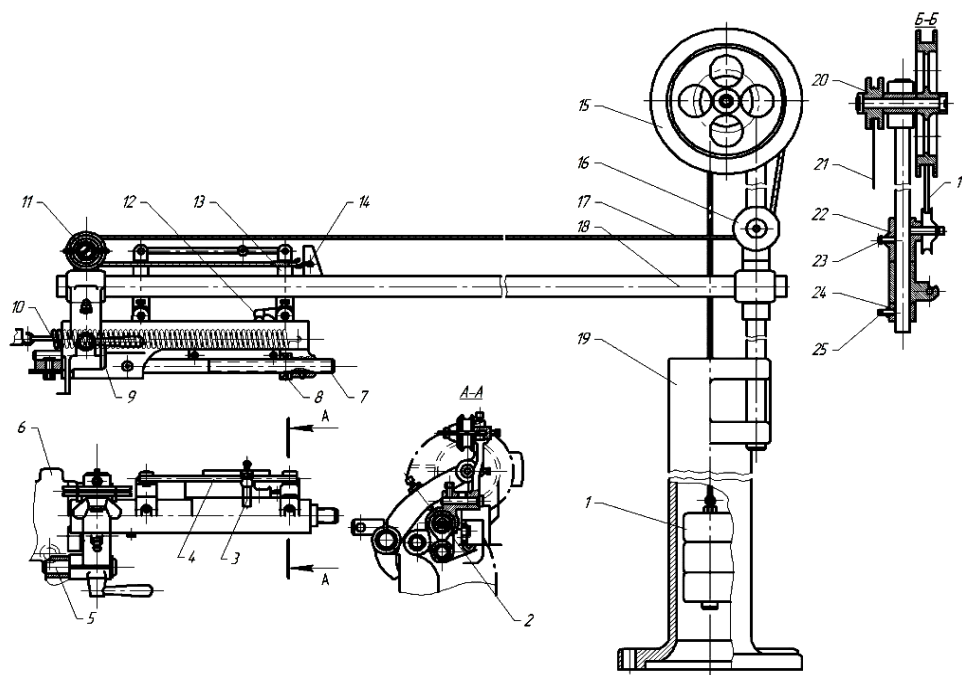
3 Проектирование малошумной трубы токарного автомата

Загрузочное устройство (рисунок 3.1) служит для удержания прутка в конечном положении при удалении шпиндельной бабки назад и для его направления. Оно включает в себя кронштейн, направляющую трубу и колонку.

Соосную установку конструкции на опорах обеспечивают втулки, закрепленные с помощью винтов.

Принцип действия данного устройства. После того, как отрезали деталь, инструмент не двигается и зажимная цапга шпиндельной бабки раскрывается. Далее при помощи толкателя и закрепленного на нём флажка, системы подвижных блоков и тяжести груза, обрабатываемый пруток прижимается тросами к инструменту. Шпиндельная бабка отходит и затем цапга зажимает пруток. Следующий этап при окончании прутка флажок нажимает на палец, закрепленный на тяге рычага, тем самым выключая автомат.

В данном загрузочном устройстве возможно быстро вставить новый пруток, при этом кронштейн откидывается в сторону с зажатым концом направляющей трубы. Возврат шпиндельной бабки происходит за счёт регулирования натяжения пружины с помощью винта и гайки [10].



1- груз; 2 – толкатель; 3 – палец; 4 - тяга; 5 - ось; 6 - корпус; 7- винт; 8 - гайка; 9- кронштейн; 10 - пружина; 11, 16, 15, 20 – система блоков; 12 – выключатель; 13 -рычаг; 14 – флажок; 17, 21 – тросы; 18 - направляющая труба; 19 - колонка; 22, 24 - втулки; 24, 25 - винты

Рисунок 3.1 – Загрузочное устройство токарного автомата 11Т16А

3.1 Существующие модели малошумных направляющих труб

Конструкции направляющих труб делят на два вида: сплошные трубы и трубы с опорами. Также сплошные трубы бывают с внутренней облицовкой и без, а трубы с опорами в зависимости от податливости опор бывают жесткие и упругие.

Новочеркасский станкостроительный завод разработал направляющую трубу с пружиной разного диаметра. Диаметр пружин в данном случае в больше внутреннего диаметра трубы поэтому при сборке её скручивают и вставляют в трубу. Снижение шума при использовании пружины снижает шум более чем на 20 дБ.

К недостаткам данной конструкции относят трудность замены пружины при износе и у прутков при использовании пружины сбиваются грани в ходе обработки [6].

Конструкция направляющей трубы разработанная в Германии предложена фирмой «Герман Трауб». Суть ее в том, что пруток помещают между роликами, которые располагаются по длине прутка и с усилием прижимают пруток к центру направляющей системы. Ролики расположены через 90 градусов по длине трубы и в месте перехода к шпинделю их располагают максимально часто. Диаметр прутка меньше диаметра толкателя и когда толкатель проходит через ролики, они раскрываются.

Недостатками этой конструкции является отсутствие точного центрирования прутка по оси шпинделя и также необходимо совпадение диаметра трубы и расположение роликов [6].

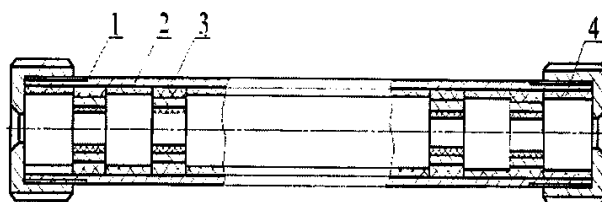
Сложную конструкцию трубы изготавливает швейцарская фирма LNS (LNS). В данной случае внутренняя и внешняя трубы делят пространством, которое заполняется маслом [6]. Уровень звукового давления при такой конструкции снижается до 30 дБ.

К недостаткам данного устройства относят невозможность точного центрирования прутка, остатки масла на прутке.

В других конструкциях направляющих труб уменьшение уровня шума до 12 дБ достигается за счет применения виброизолирующих материалов, таких как резина, различные полимеры.

Известна конструкция направляющей трубы с демпфирующими втулками (рисунок 3.2).

Данная конструкция представляет собой трубу 1, в которой устанавливаются втулки 4. Втулки 4 закрепляются гайками, которые имеют отверстие под соответствующий пруток. Наружная и внутренняя часть втулок изготавливается из полиамида, а середина из резины. Металлическая обойма 3 фиксирует втулки 4 в осевом направлении [11].



1 – труба; 2 – гайка; 3 –металлическая обойма; 4 – демпфирующие втулки

Рисунок 3.2 – Труба с вибродемпфирующими втулками

3.2 Разработка малошумной модели направляющей трубы

На основе выше изложенного, была разработана модель направляющей трубы (приложение Б).

Материалом трубы является полиамид. Полиамиды это пластмассы, которые содержат в основной цепи амидные группы (CONH). Полиамид является конструкционным и антифрикционным материалом и имеет низкий коэффициент трения при взаимодействии с любым материалом [12]. Его широко применяют в нефтяной промышленности, автомобилестроении и приборостроении, также из него изготавливают зубчатые передачи. Полиамид снижает износ и может обрабатываться точением, фрезерованием, сверлением и т. д. Полиамид снижает уровень вибрации и шума, а также что немало важно является экологически чистым материалом и безопасен для организма человека [12]. Поэтому для данной конструкции трубы был выбран полиамид П-12Б-20 ТУ 6-05-898-73. В Компас-3D были посчитаны массо-центровочные характеристики модели (рисунок 3.3).

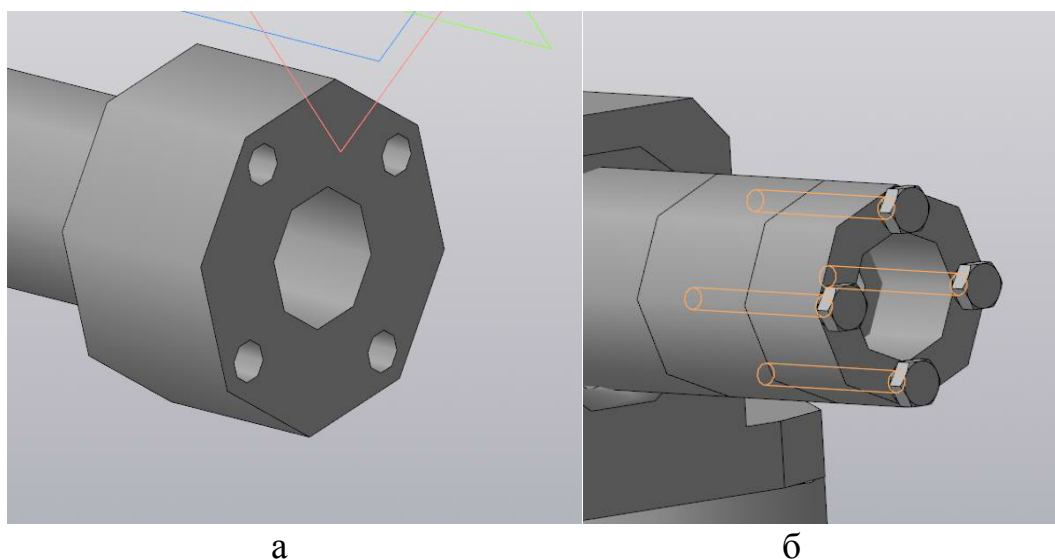
МЦХ модели	
Деталь	
Заданные параметры	
Масса заданная	M = 899.294117 г
Материал тел	Полиамид П-12Б-20 ТУ 6-05-898-73
Плотность материала тел	Ro = 0.001020 г/мм ³
Центр масс	Xc = 1018.580905 мм Yc = -52.993489 мм Zc = 8.758268 мм
Расчетные параметры(тела и компоненты)	
Площадь	S = 357506.967980 мм ²
Объем	V = 910025.169716 мм ³
Центр масс расчетный	Xpc = 1043.532123 мм Ypc = -52.993489 мм Zpc = 8.758268 мм

Рисунок 3.3 – Массо-центровочные характеристики (МЦХ) модели

Конструкция представляет собой сплошную трубу, у которой контакт с прутком происходит по всей его длине. Закрепление трубы из полиамида с направляющей трубой автомата (рисунок 3.4) происходит за счет болтов.

Наружный диаметр трубы из полиамида совпадает с внутренним диаметром направляющей трубы автомата. В направляющей трубе сверлятся четыре отверстия для болтов, чтобы закрепить трубу из полиамида, у которой также четыре отверстия только сквозных. Так как труба из полиамида является легкой, по МЦХ почти 0,9 кг и длиной 2,23 м, закрепления с одной стороны будет достаточно.

Недостатком данной конструкции является то, что толщина стенок направляющей трубы должна быть больше 1 см, для того чтобы закрепить звукопоглощающую трубу из полиамида, а также необходимость сверлить отверстия под болты.



а – конструкция трубы из полиамида; б - сборка направляющей трубы автомата и трубы из полиамида с помощью болтов

Рисунок 3.4 – Закрепление трубы из полиамида с направляющей трубой автомата

3.3 Анализ возможности снижения шума

Применение полиамида в качестве материала для трубы может снизить уровень шума до 12 дБ [12]. Для того чтобы убедиться в этом были проведены статистический расчет и расчет собственных частот конструкции направляющей трубы токарного автомата 11Т16А.

Для того чтобы произвести расчеты использовалась приложение АРМ FEM в Компас-3D в котором сначала необходимо обозначить нагрузки и закрепления (рисунок 3.5).

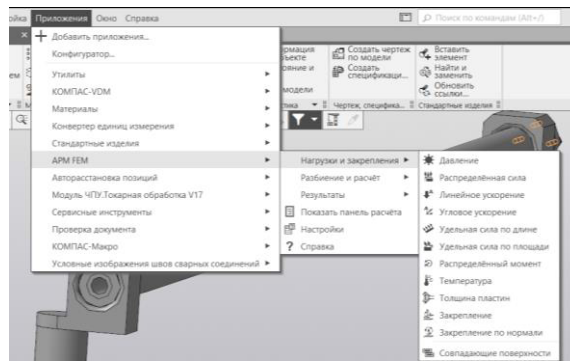


Рисунок 3.5 – Определение нагрузок и закреплений в APM FEM

Далее необходимо сгенерировать конечно-элементную (КЭ) сетку (рисунок 3.6). После этого возможно сделать необходимые расчеты (статистический, собственные частоты, устойчивость, тепловой) и узнать результаты.

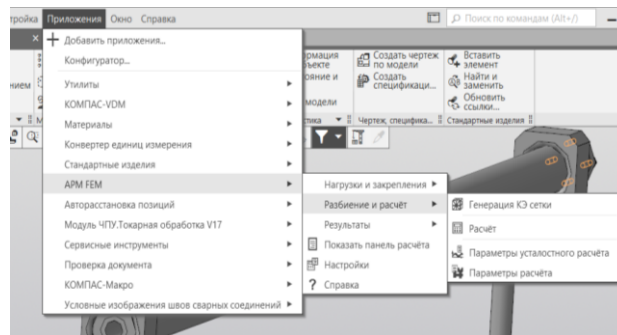


Рисунок 3.6 – Разбиение и расчет в APM FEM

Сборка направляющей трубы с поддерживающими опорами показана на рисунке 3.7. Размеры направляющей трубы: длина 2,2 м, диаметр внешний 50 мм, диаметр внутренний 30 мм. Материал трубы сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

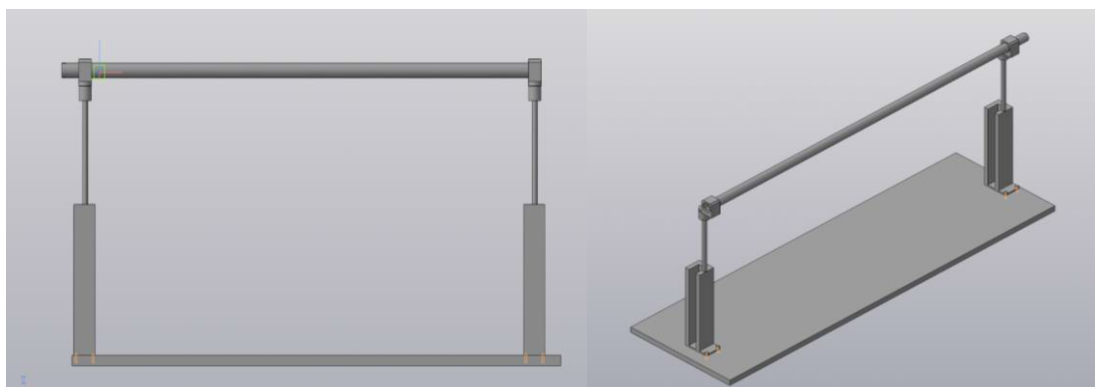


Рисунок 3.7 – Фрагмент сборки направляющей трубы автомата на поддерживающих опорах

Сначала были обозначены нагрузки и закрепления. В данном случае известен момент шпинделя (M) составляет 27,5 Н·м и также места закрепления трубы на опорах. Далее была сгенерирована КЭ сетка (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Сгенерированная КЭ сетка

Следующим этапом был статистический расчет. На рисунке 3.9 обозначены зоны распределения нагрузки. В данном случае самая большая нагрузка сосредоточена по длине трубы и обозначена красным.

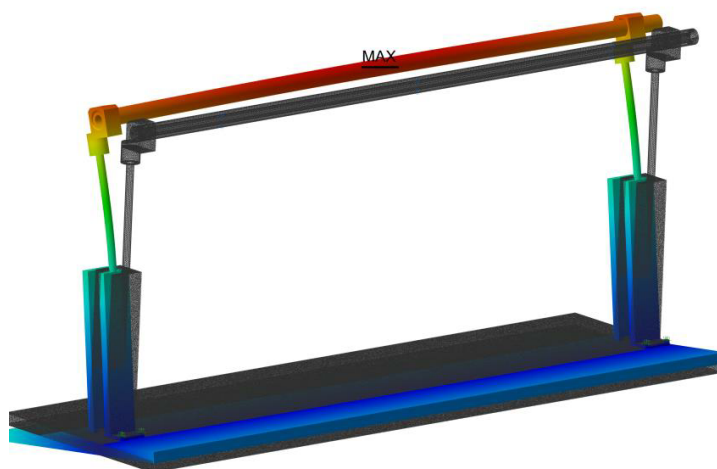


Рисунок 3.9 – Распределение нагрузки в конструкции

Далее были рассчитаны собственные частоты конструкции (рисунок 3.10). Расчет проведен пять раз для определения более точного значения.

Собственные частоты			Модальные массы (м.м.) и суммы модальных масс (с.м.м.) по направлениям							
N	[рад/с]	[Гц]	[с]	м.м. X [...]	с.м.м. X [...]	м.м. Y [...]	с.м.м. Y [...]	м.м. Z [...]	с.м.м. Z [...]	
1	55.4476	8.82476	0.113318	1.11e-0...	1.11e-005	4.27	4.27	4.81	4.81	
2	131.392	20.9117	0.0478...	0.00183	0.00185	1.27	5.54	19.3	24.1	
3	193.288	30.7628	0.0325...	1.83	1.83	0.000215	5.54	0.000242	24.1	
4	201.974	32.1451	0.0311...	4.47	6.3	0.00157	5.54	0.0132	24.1	
5	220.965	35.1676	0.0284...	0.00065	6.3	0.0548	5.59	3.75	27.9	

Рисунок 3.10 – Таблица собственных частот конструкции

Для того чтобы найти среднее значение, необходимо найти среднее арифметическое от пяти значений высчитанных частот.

$$\nu = \frac{9 + 21 + 31 + 32,1 + 35,1}{5} = 25,64 \approx 25,7 \text{ Гц}$$

В конструкции данной трубы среднее значение частоты составляет 25,7 Гц.

Далее необходимо рассчитать конструкцию трубы с малошумной трубой из полиамида. Сборка направляющей трубы со звукопоглощающей трубой из полиамида показана на рисунке 3.11.

Размеры трубы из полиамида: длина 2,23 м, наружный диаметр 30 мм, внутренний диаметр 20 мм. Внутренний диаметр позволяет свободно двигаться прутку, так как максимальный диаметр прутков 16 мм.

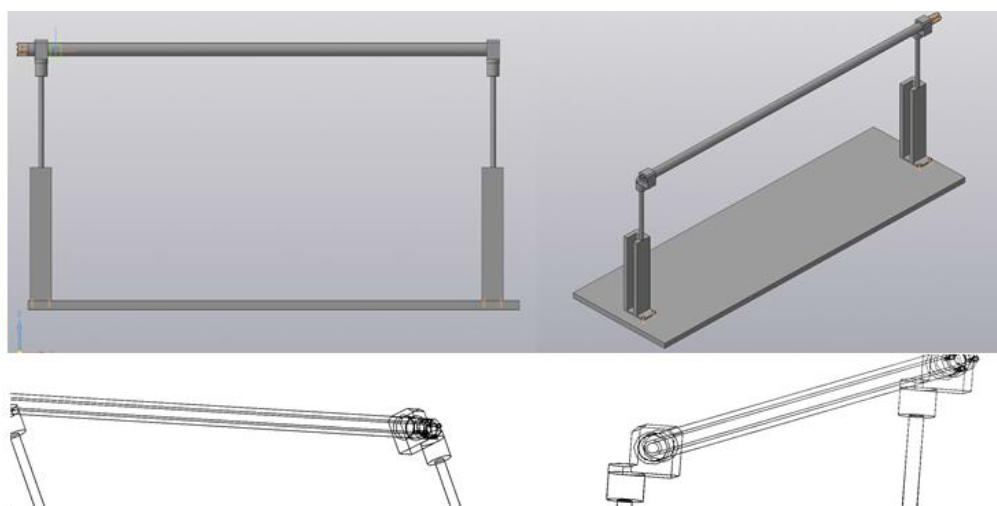


Рисунок 3.11 - Фрагменты сборки направляющей трубы и внутренней трубы из полиамида

Далее также идет генерирование КЭ сетки (рисунок 3.12) и статистический расчет. По результату расчета (рисунок 3.13) можно увидеть, что в этой конструкции большая нагрузка сосредоточена не на всей длине трубы, а в её начале.

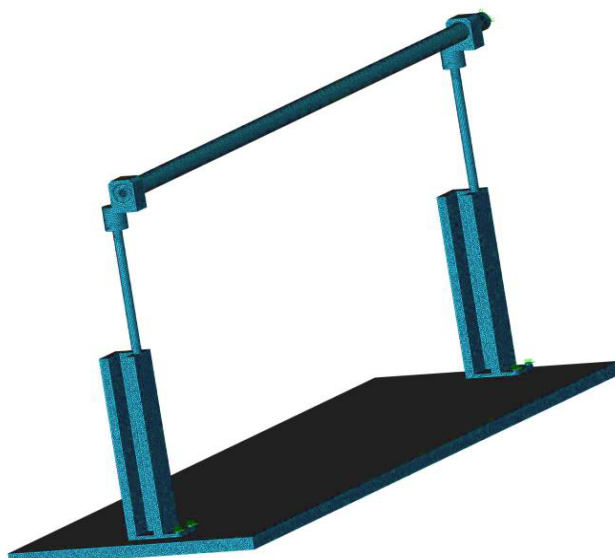
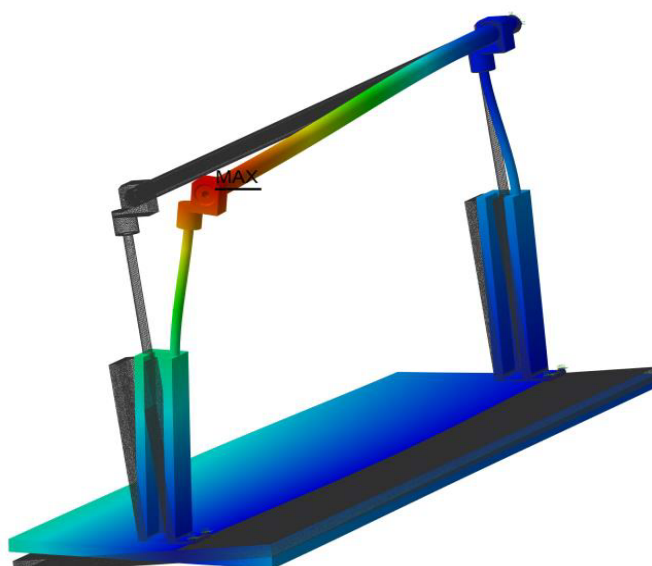


Рисунок 3.12 - Сгенерированная КЭ сетка



3.13 – Распределение нагрузки в конструкции

На рисунке 3.14 показаны частоты собственных колебаний конструкции трубы автомата с малошумной составляющей.

Собственные частоты			Модальные массы (м.м.) и суммы модальных масс (с.м.м.) по направлениям						
N	[рад/с]	[Гц]	[с]	м.м. X [...]	с.м.м. X ...	м.м. Y [...]	с.м.м. Y ...	м.м. Z [...]	с.м.м. Z ...
1	115.637	18.4042	0.0543...	0.000396	0.000396	2.99	2.99	8.06	8.06
2	178.871	28.4681	0.035127	1.71e-0...	0.000397	1.85	4.84	24.6	32.7
3	242.384	38.5767	0.0259...	0.000823	0.00122	0.00146	4.85	9.47	42.2
4	269.176	42.8407	0.0233...	0.000421	0.00164	0.224	5.07	19.2	61.3
5	311.904	49.641	0.0201...	0.00132	0.00296	0.109	5.18	0.949	62.3

Рисунок 3.14 - Таблица собственных частот конструкции

Следующий этап нахождение среднего значения частоты:

$$\nu = \frac{18,4 + 28,5 + 38,6 + 43 + 50}{5} = 35,7 \text{ Гц}$$

В этой конструкции средняя частота равна 35,7 Гц.

Разница между результатами расчетов двух конструкций:

$$35,7 - 25,7 = 10 \text{ Гц}$$

Для того чтобы найти разницу при использовании конструкции малошумной трубы из полиамида и без нее в уровнях звукового давления необходимо воспользоваться графическим методом. В данном случае будет использоваться график кривых равной громкости (рисунок 3.15) [13], который показывает зависимость частоты от уровней звукового давления.

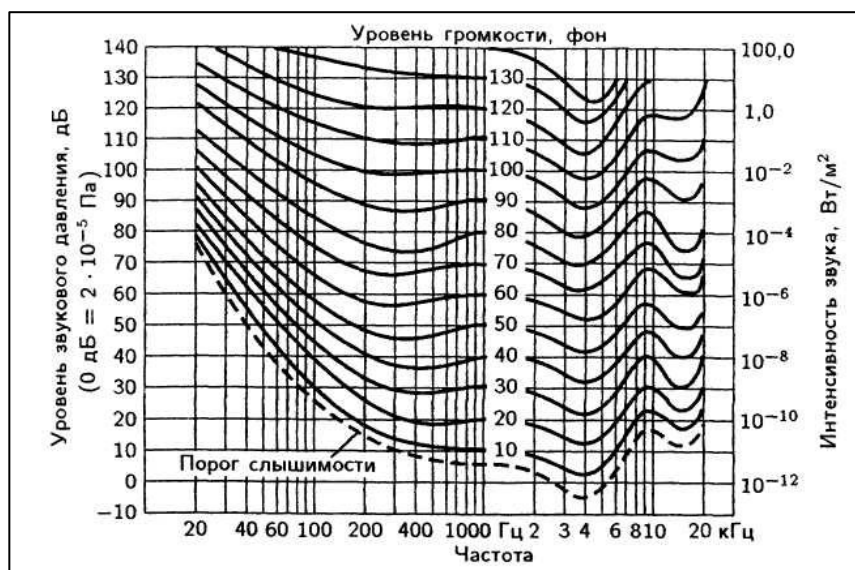


Рисунок 3.15 – Кривые равной громкости

Так как частота уже известна для того чтобы найти как изменился уровень звукового давления необходимо найти интенсивность звука. Звуковая энергия, которая проходит в одну секунду через площадь в 1 м^2 и направленная перпендикулярно распространению звуковых колебаний называется интенсивностью (силой) звука [14]. Интенсивность измеряется в Вт/м^2 и её определяют по формуле:

$$I = \frac{P^2}{c \cdot \rho_0},$$

где P - звуковое давление, н/м^2 ;

c – скорость звука, м/с ;

ρ_0 – плотность среды, кг/м^3 .

Шум при ударе прутка о трубу автомата может колебаться от 90 до 120 дБ. При таком диапазоне уровня звука звуковое давление принимается 2 Н/м^2 [15]. Скорость звука принимается $343,3 \text{ м/с}$ и плотность среды, в данном случае воздуха при нормальных условиях равна $1,2041 \text{ кг/м}^3$ [14].

Тогда интенсивность звука:

$$I = \frac{2^2}{343,3 \cdot 1,2041} = 0,0096 \approx 0,001 \text{ Вт/м}^2$$

При интенсивности звука $0,001$ или 10^{-3} Вт/м^2 уровень громкости 90 фон в соответствии с графиком (рисунок 3.17). Далее для того чтобы узнать значение уровня звукового давления при частотах 25,7 и 35,7 Гц необходимо провести прямую по оси ординат до пересечения с кривой со значением 90 фон и затем провести прямую по оси абсцисс до пересечения со значением уровня звукового давления (приложение В). При частоте 25,7 Гц получено значение звукового давления 118 дБ, а при частоте 35,7 Гц значение звукового давления 112 дБ. Таким образом, при использовании вышеописанной конструкции (приложение Б) на токарном автомате модели 11Т16А возможно снизить шум на 6 дБ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе была рассмотрена тема снижения шума на производстве и в частности снижение шума на токарном автомате модели 11Т16А. Автомат - это станок, в котором автоматизированы все основные и вспомогательные движения, необходимые для выполнения полного технологического цикла обработки детали.

В результате проделанной работы было установлено, что в токарных станках автоматах основными источниками шума являются электродвигатели, резец в процессе резания, приводы (зубчатые и ременные передачи), муфты, подшипники и также удары пруткового материала о направляющую трубу. Шум в направляющих трубах токарных автоматов может достигать 120 дБ. В связи с этим были рассмотрены возможности снижения шума именно на направляющей трубе автомата 11Т16А. Была разработана конструкция направляющей трубы, включающая в себя внутреннюю звукопоглощающую трубу из полиамида. Труба из полиамида крепится болтами к направляющей трубе автомата. Недостатком данной конструкции является то, что толщина стенок направляющей трубы должна быть больше 1 см, для того чтобы закрепить звукопоглощающую трубу из полиамида, а также необходимость сверлить отверстия под болты.

Для того чтобы убедиться в том, что применение трубы из полиамида обеспечит снижение шума были проведены статистический расчет и расчет собственных частот в Компас - 3D. Результаты расчетов показали различия между стандартной направляющей трубой и разработанной конструкцией. Разность частот по итогу составила 10 Гц. Далее графическим методом было рассчитано изменения звукового давления и было выявлено то, что разработанная конструкция снижает шум в направляющей трубе токарного автомата на 6 дБ. Например, при уровне звукового давления 100 дБ, возможно снизить его с помощью трубы из полиамида до 94 дБ. Это значение уже будет находиться в пределах предельно допустимого уровня шума на производстве, который составляет 95 дБ.

Данная работа в первую очередь направлена на экологизацию производства, защиту здоровья человека, так как шум оказывает негативное влияние на органы слуха, нервную систему, общее физическое состояние, трудоспособность и т.д.

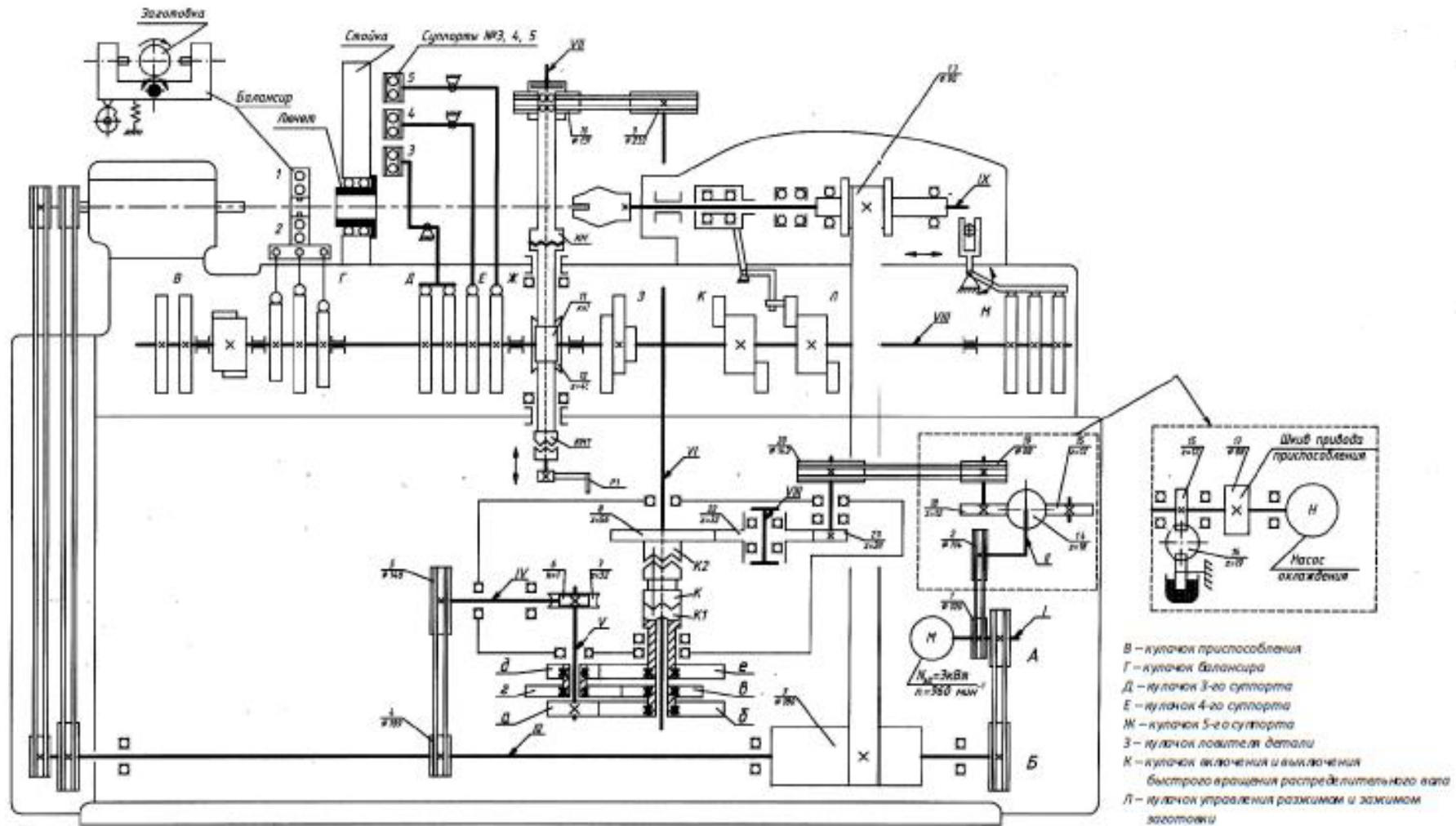
В настоящее время большое внимание уделяется техническому прогрессу, но безопасность жизни человека должна быть первостепенной. Чем лучше условия труда на производстве, тем оно эффективней.

Таким образом, данное исследование пополняет базу знаний и в области безопасности жизнедеятельности, и в области технических нововведений.

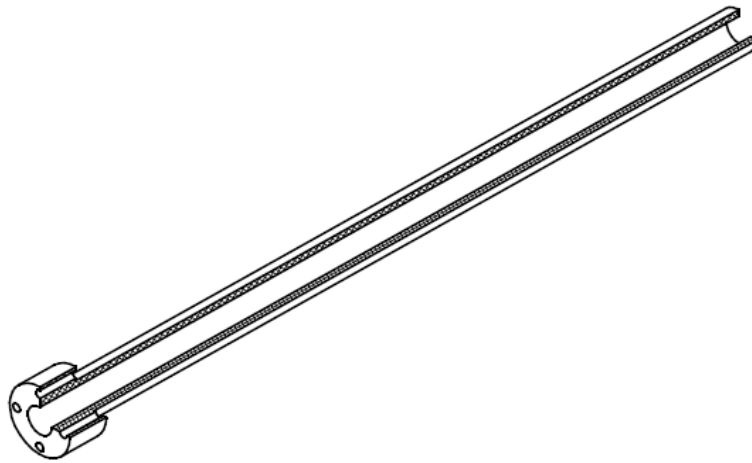
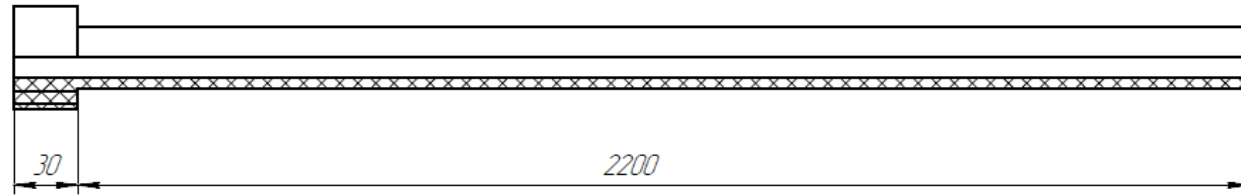
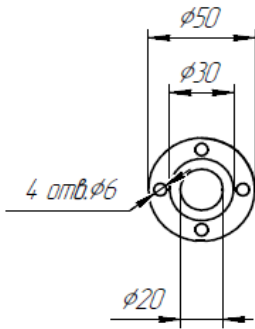
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дж.Д. Вебб. Контроль шума в промышленности. – Л.: Судостроение, 1981.
- 2 Производственный шум./Алексеев С.В., Хаймович М.Л.-Л.: Медицина, 1991.
- 3 http://k-a-t.ru/detali_mashin/24-dm_zubchatye/
- 4 https://studbooks.net/2135603/matematika_himiya_fizika/konstruktsiya_printsip_deystviya_gidroagregata
- 5 <http://delta-grup.ru/bibliot/16/74.htm>
- 6 http://www.un-s.ru/mech_shum.html
- 7 <https://hw4.ru/svist-remnya>
- 8 https://studwood.ru/673021/bzhd/snizhenie_proizvodstvennogo_shuma_pomoschyu_stroitelno_akusticheskikh_meropriyatiy
- 9 Металлорежущие станки. Учеб. пособие для вузов Н. С. Колев, Красниченко Л. В., Никулин Н. С. и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980.
- 10 Устройство и наладка автомата продольно-фасонного точения модели 1П16 : лабораторный практикум / В.А. Ванин, В.Х. Фидаров, А.Н. Колодин. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010.
- 11 <http://www.findpatent.ru/patent/267/2678721.html>
- 12 <https://www.ugreaktiv.ru/art27>
- 13 <http://provodnoe.ksys.ru/ozt.html>
- 14 Красильников В. А. Интенсивность звука (сила звука) // Физическая энциклопедия / Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Советская энциклопедия, 1990.
- 15 <https://www.hi-fi.ru/audioportal/topic/6279-perevod-iz-db-v-nm/>

Кинематическая схема станка модели 11Т16А



5B071200

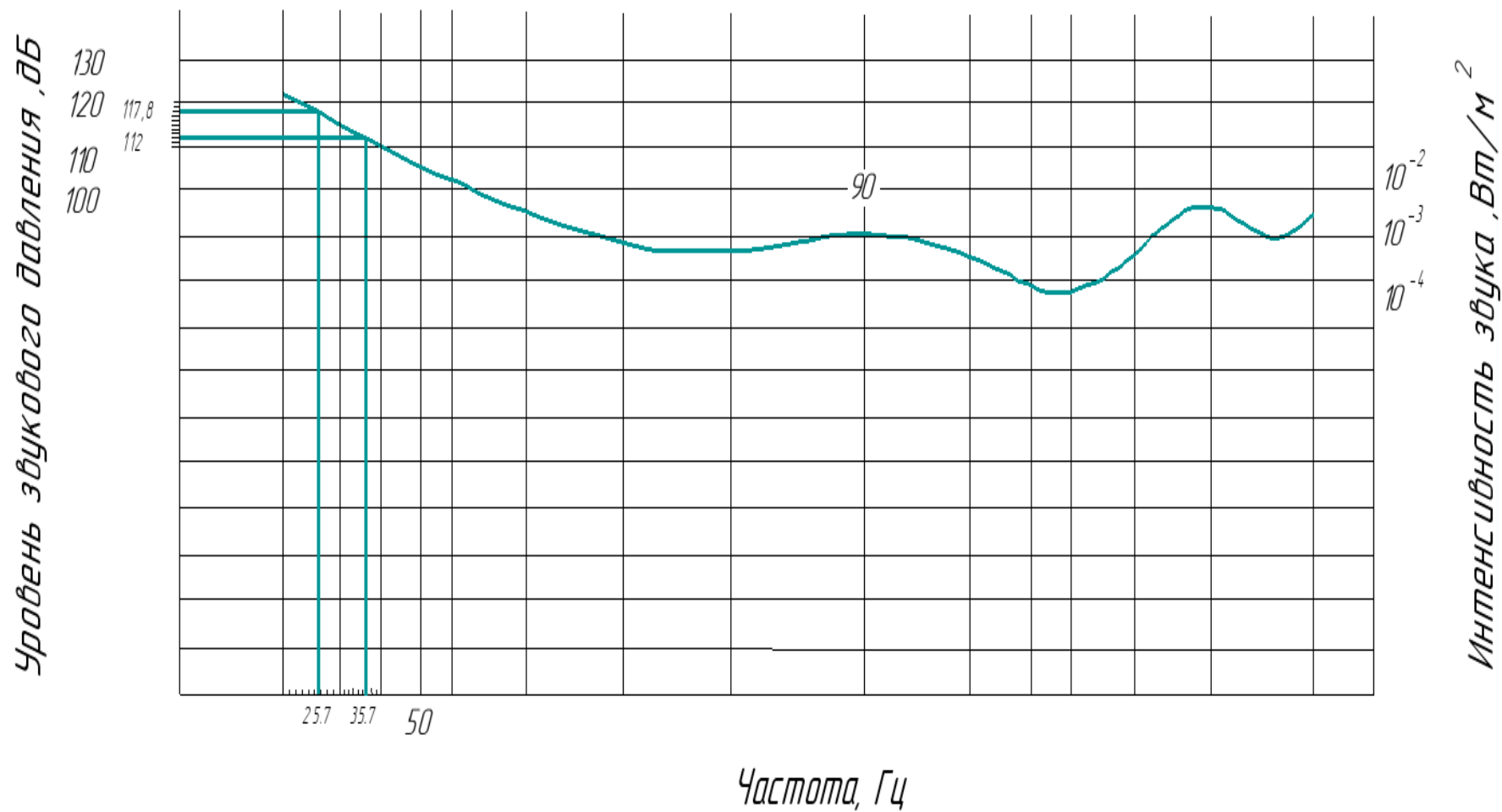


				5B071200				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Звукопоглощающая труба	Лист	Масса	Масштаб
		Абдулла Н.К.					0,9	1:4
		Орлова Е.П.				Лист		Листов 1
					Полумид П-125-20 ТУ 6-05-898-73	Sattbayev University		
		Картеков Р.К.						
		Альмобеков Б.С.						
Копировал						Формат А4х2		

Приложение Б

График зависимости уровня звукового давления от частоты звука при использовании разработанной звукопоглощающей трубы на станке модели 11Т16А

Уровень громкости, фон



Приложение В