**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**

**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  | ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ: | | | | | | | | | | | | | | |
| Факультет | И | |  | Заведующий кафедрой | | | | | |  | | | | И1 | | | | | | |
|  | индекс факультета | |  |  | | | | |  | | | | | | индекс кафедры | | |
| Выпускающая кафедра | И1 | |  | | Борейшо А.С. | | |  | | | |  | | | | | | | |
|  | индекс кафедры | |  | | Фамилия ИО | |  | | | | подпись | | | | | | | | | | |
| Группа | И1М41 | |  | «\_\_\_\_\_» | |  | | | | | | | | | | 2019 г. | | |
|  | индекс группы | |  |  | |  | | | | | | |  | | | |

**отчет**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **о прохождении** | | | **производственной** | | | | | | | | | | | | | | | **практики** | | | | | |
| наименование практики | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сементина Владимира Валерьевича | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Фамилия, имя, отчество обучающегося | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Обучающегося по**  **направлению/специальности** | | | | | | 12.04.05 | | | |  | | Лазерная техника и | | | | | | | | | |
| нужное подчеркнуть | | | | | | код | | | | |  | | полное наименование направления/специальности | | | | | |
| лазерные технологии | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Руководитель практики от БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова:** | | | | | | | Киселев И. А., к.т.н., доцент, зам. зав. каф.И1 | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | Фамилия ИО, ученая степень, ученое звание, должность | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Руководитель практики от**  **профильной организации:** | | | | | Борейшо А.С., научный руководитель АО  «Лазерные системы» | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | Фамилия ИО, ученая степень, ученое звание, должность | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Срок прохождения практики:** | | | | с | | 01.07.2019 | | | | | | | г. |  | по | 21.07.2019 | | | г. |
| **Должность обучающегося на практике:** | | | | | | | | младший научный сотрудник | | | | | | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Руководитель практики от БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова:** | | | |  | |  | | **Руководитель практики от профильной организации:** | | |  | | | |
|  | |  | | Киселев И.А. | |  | |  | |  | | | Борейшо А.С. | |
| Подпись | |  | | Фамилия ИО | |  | | Подпись | |  | | | Фамилия ИО | |
| «\_\_\_» | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |  | 2019 г. | |  | | «\_\_\_» | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |  | | 2019 г. | |

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc18172595)

[1 Введение в профессиональную область деятельности. 5](#_Toc18172596)

[1.1 Основные обязанности сотрудников научного отдела 7](#_Toc18172597)

[2 Разработка и проектирование прибора, системы или лабораторного стенда 11](#_Toc18172598)

[2.1 Разработка пылевого дозатора 12](#_Toc18172599)

[2.2 Вопросы безопасности 18](#_Toc18172600)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 21](#_Toc18172601)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 22](#_Toc18172602)

# ВВЕДЕНИЕ

В космическом пространстве широко распространено мелкодисперсное состояние вещества. Пылевые частицы встречаются и в верхних слоях атмосферы небесных тел, в хвостах комет, в кольцах газовых гигантов, на поверхности безатмосферных небесных тел. При воздействии интенсивного солнечного излучения пылевые частицы ионизируются и приобретают положительный заряд за счет различных механизмов эмиссии – термоэмиссия, фотоэмиссия, нелинейный многофотонный процесс, абляция.

Каждое вещество имеет свою красную границу фотоэффекта, которая определяет, влияние какого механизма зарядки плазменно-пылевых образований будет преобладающим. Широкополосный спектр солнечного излучения обеспечивает зарядку частиц в широком диапазоне длин волн, но с максимумом интенсивности, приходящимся на видимое излучение. Следовательно, раз максимум интенсивности Солнца приходится на видимый спектр, то имеет смысл в лабораторных условиях поменять излучение Солнца на излучение лазера. Правда, ввиду относительно слабой интенсивности солнечного излучения многофотонного процесса в космосе представляется возможным лишь при использовании лазеров с высокой интенсивностью, достаточной для возникновения нелинейных эффектов.

Данные эксперименты, как и сам проект в целом, выполняются группой сотрудников предприятия АО «Лазерные системы», а также рядом представителей из университета БГТУ «Военмех». Для совершенствования рабочих навыков и оптимизации рабочего процесса необходимо ориентироваться в структуре предприятия, знать ведущих специалистов по профилю, знать свою должностную инструкцию, права и обязанности.

В рамках проекта по изучению плазменно-пылевых образований, а также производственной практики на предприятии АО «Лазерные системы» было принято решение исследовать эмиссию электронов с пылевых частиц разных материалов, имеющих различную работу выхода. Использование в эксперименте веществ с малой работой выхода (например, оксид барияBaO) необходимо для исследования классического фотоэффекта. Таким образом, целью практики будет являться дальнейшее продвижение в эксперименте по исследованию зарядки пылевых частиц короткими лазерными импульсами, а именно приспособить экспериментальный стенд под разные виды пылевых частиц, частиц разного материала.

# 1 Введение в профессиональную область деятельности.

Компания ООО «НПП «Лазерные системы» – современное инновационное предприятие, работающее в сфере лазерных технологий и оптоэлектронных систем. Более 20 лет компания занимается созданием, изготовлением и реализацией высокотехнологичной продукции, разработкой производственных технологий.

За историю своего существования предприятие реализовано сотни значимых проектов в различных сферах. В числе разработок и продуктов компании представлены:

* авиационная техника и метеорологическое оборудование: лидарные комплексы для экологического мониторинга, ветровые лидары, облакомеры и пр.;
* специализированные системы наблюдения;
* спектроскопичение приборы: детекторы взрывчатых, рамановские спектрометры, системы бесконтактного экспресс-теста состояния алкогольного опьянения (Алкорамка), метанометры и газоанализаторы;
* сложные интегрированные лазерные и оптоэлектронные системы;
* мощные лазеры различного назначения;
* проведение исследований и разработок в области лазерной техники и высоких технологий.

Разработанные системы серийно производятся для нужд государственных и коммерческих структур, а также зарубежных организаций.

Собственная производственная база, современные средства автоматизированного проектирования и профессиональная команда ученых, конструкторов и инженеров – все это позволяет предприятию в короткие сроки осуществлять производство с полным соблюдением технологического цикла и тщательным контролем качества готовой продукции.

Структура предприятия представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура АО «Лазерные системы»

Одним из структурных подразделений предприятия «Лазерные системы» является научный отдел, который формирует и сопровождает актуальные научные исследования по основным направлениям научно-исследовательской деятельности, а также занимается их реализацией.

Организационно-научной и научно-исследовательской деятельностью отдела управляет научный руководитель предприятия. В его обязанности также входит проведение комплексных исследований и разработок по основным направлениям деятельности, координация деятельности подчиненных, составления сводных научных и научно-технических отсчетов, проведение работ по повышению квалификации и подготовке научных кадров, участие в решении основных вопросов научно-организационной деятельности предприятия, повышение эффективности научных исследований, совершенствование организации труда и управления, развитие деятельности организации.

В подчинении руководителя находятся:

* заведующий отделом;
* заведующий лабораторией;
* главный научных сотрудник;
* ведущий научный сотрудник;
* старший научный сотрудник;
* научный сотрудник;
* младший научный сотрудник.

## 1.1 Основные обязанности сотрудников научного отдела

Заведующий отделом:

* организует выполнение научно-исследовательских работ и определяет перспективы их развития по закрепленной тематике;
* выбирает методы и средства проведения этих работ;
* разрабатывает проекты перспективных и годовых планов работы подразделения;
* разрабатывает проекты технических заданий, методических и рабочих программ, и предложения о привлечении других учреждений и организаций в качестве соисполнителей запланированных работ;
* осуществляет научное руководство по проблемам, предусмотренным в тематических планах подразделения, формирует их конечные цели и предполагаемые результаты;
* принимает непосредственное участие в проведении отдельных работ;
* контролирует выполнение предусмотренных планом заданий, договорных обязательств, а также качество работ, выполненных специалистами подразделения, а также соисполнителями;
* представляет на рассмотрение руководителя отдела научные отчеты по выполненным работам;
* обеспечивает эффективность работы подразделения, рациональную расстановку работников;
* принимает меры по развитию творческой активности специалистов;
* участвует в подборе, аттестации и оценке деятельности работников подразделения, повышении их квалификации;
* представляет руководителю отдела предложения по оплате их труда с учетом личного вклада в общие результаты работы;
* руководит работниками подразделения.

Заведующий лабораторией:

* руководит деятельностью лаборатории в пределах предоставленных полномочий;
* организовывает текущее и перспективное планирование деятельности лаборатории с учетом целей, задач и направлений, для реализации которых оно создано;
* контролирует выполнение плановых заданий;
* осуществляет координацию деятельности работников лаборатории, создает условия для их работы;
* принимает меры по созданию необходимых социально-бытовых условий работников лаборатории, вносит необходимые предложения по их улучшению;
* участвует в подборе и расстановке кадров, в решении вопросов повышения квалификации и профессионального мастерства работников;
* участвует в развитии и укреплении учебно-материальной базы лаборатории, оснащении современным оборудованием;
* организовывает и проводит учебно-методические (научные, научно-методические) семинары (совещания, конференции) и иные мероприятия, координирует подготовку, рецензирование и издание учебно-методических документов, выполнение научно-исследовательской, научно-методической работы;
* обеспечивает своевременное составление установленной отчетной документации;
* организовывает работу и взаимодействие лаборатории с другими структурными подразделениями предприятия и заинтересованными организациями в пределах предоставленных полномочий;
* обеспечивает меры по созданию благоприятных и безопасных условий труда, соблюдению требований правил по охране труда и пожарной безопасности.

Главный научный сотрудник:

* осуществляет научное руководство проведением исследований по важнейшим научным проблемам фундаментального и прикладного характера, непосредственно участвует в их проведении;
* формулирует новые направления исследований и разработок, организует составление программы работ, определяет методы и средства их проведения;
* участвует в формировании планов научно-исследовательских работ;
* координирует деятельность соисполнителей, участвующих при совместном выполнении работ с другими учреждениями (организациями) в порученных ему заданиях;
* обобщает получаемые результаты;
* проводит научно-исследовательскую экспертизу законченных исследований и разработок;
* определяет сферу применения результатов научных исследований и разработок и обеспечивает научное руководство практической реализацией этих результатов;
* осуществляет подготовку и повышение квалификации научных кадров в соответствующей области знаний.

Ведущий научный сотрудник:

* осуществляет научное руководство проведением исследований по отдельным научным проблемам (темам) и возглавляет группу занятых ими работников, или является ответственным исполнителем отдельных заданий, тем, проектов;
* разрабатывает научно-технические решения по наиболее сложным проблемам, методы проведения исследований и разработок, выбирает необходимые для этого средства;
* обосновывает направления новых исследований и разработок и методы их выполнения, вносит предложения для включения в планы научно-исследовательских работ;
* организует составление программы работ;
* координирует деятельность соисполнителей при совместном их выполнении с другими учреждениями (организациями), обобщает полученные результаты;
* определяет сферу применения результатов научных исследований и разработок и организует практическую реализацию этих результатов;
* осуществляет подготовку научных кадров и участвует в повышении их квалификации.

Старший научный сотрудник:

* осуществляет научное руководство группой работников при исследовании самостоятельных тем, а также разработок, являющихся частью (разделом, этапом) темы, или проводит научные исследования и разработки как исполнитель наиболее сложных и ответственных работ;
* разрабатывает планы и методические программы проведения исследований и разработок;

# 2 Разработка и проектирование прибора, системы или лабораторного стенда

В лабораторных условиях проводятся эксперименты с пылевыми частицами разных веществ. На рисунке 2 приведен спектр Солнца, на котором отмечены красные границы используемых в ходе эксперимента веществ (на сегодняшний день). Низкая работа выхода (при большей красной границе фотоэффекта) позволяет более детально изучить процесс фотоэлектронной эмиссии (однофотонного процесса). Помимо красной границы фотоэффекта, у материалов есть и другие различия, например, разное поведение в мелкодисперсном состоянии (разные коэффициенты адгезии, абсорбции, трения). Так, частицы титана в мелкодисперсном состоянии напоминают песок, частицы которого независимы друг от друга, практически не оказывают друг на друга воздействие. Другое дело – частицы оксида бария, которые прилипают друг к другу, к поверхностям, и причиной такого поведения частиц бария являются их динамические свойства – адгезия, абсорбция. В итоге макрообъем пылевых частиц оксида бария по консистенции напоминает муку. Такое поведение частиц затрудняет работу с ним. Кроме того, мелкодисперсные частицы представляют опасность для организма, оседая в легких, поэтому имеет смысл продумать безопасную систему подачи пылевых частиц, а также обеспечить защиту органов дыхания. Также, помимо оседания в легких, частицы оксида бария считаются ядовитыми [1], поэтому вопрос о защите организма в данном случае встает наиболее остро.

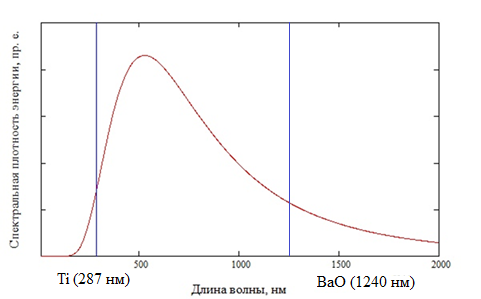


Рисунок 2 - Спектр Солнца и характерные красные границы фотоэффекта

## 2.1 Разработка пылевого дозатора

От вида материала зависят не только фотоэлектрические свойства пылевых частиц, но также и динамические. Иными словами, поведение объема частиц в макромасштабе различается, в зависимости от материала. Таким образом, система подачи пылевых частиц, приспособленная изначально для металлических частиц (например, титан, алюминий, сталь), оказалась неподходящей для подачи неметаллических пылевых частиц. Суть проблемы заключается в следующем: из-за структуры пылевой массы оксида бария при заданной изначально системе подачи пылевых частиц не обеспечивался требуемый пылевой поток, необходимый для проведения эксперимента.

Система выброса пылевых макрочастиц соединена непосредственно с вакуумной камерой – прикреплена к ее крышке. В самой крышке имеется отверстие для заполнения контейнера пылевыми частицами (во время откачки воздуха отверстие закупоривается еще одной крышкой).

В общих чертах, система выброса пылевых макрочастиц состоит из контейнера; крышки вакуумной камеры, к которой крепится контейнер; системы открытия крышки контейнера, система подачи пылевых макрочастиц. В качестве пылевых макрочастиц в данный момент времени используется титановый порошок.

Необходимо обеспечить такой поток пылевых макрочастиц, чтобы осциллограф мог зарегистрировать результирующий эмиссионный ток. Минимально возможное усиление на осциллографе составляет 1 мВ, следовательно, сигналы с меньшей амплитудой не будут различимы. Кроме того, сторонние шумы также будут вносить искажения, а следовательно, минимально возможный различимый сигнал должен быть еще на порядок больше. Так как на входе осциллографа стоит сопротивление 50 Ом, получаем, что минимальный ток, необходимый для регистрации и анализа эмиссии электронов, составит 200 мкА.

Минимальный ток необходим для установления параметров пылевого потока. Согласно трудам и оценкам В.Е. Фортова и Морфилла Г.Е. [2], с пылевой макрочастицы титана диаметром порядка 50 мкм под действием лазерного излучения (длительность импульса – 10 нс) вылетает порядка 103 - 105 электронов. Таким образом, ток с одной пылевой частицы лежит в диапазоне от 0,016 мкА до 1,6 мкА. В итоге, минимально допустимый диапазон пылевых частиц, на которые попадает излучение лазера за один импульс, для регистрации и обработки явления эмиссии электронов составит от 125 до 12500 частиц.

Пылевые частицы содержатся в конусообразном контейнере, который снабжен электромотором с эксцентриком для обеспечения вибрации, которая требуется для более равномерного расхода пылевых частиц. Частицы высыпаются через щель на дне контейнера. Варьируя размеры щели при неизменных габаритах контейнера (размеры контейнера ограничены размерами вакуумной камеры; в контейнер помещается примерно 200 грамм титановой пыли), есть возможность контролировать расход частиц и плотность потока частиц.

Была проведена оценка порядка числа частиц, оказывающихся под действием лазерного излучения, основанная на расходе. Согласно ней, достаточный порядок числа частиц, требуемый для анализа явления эмиссии электронов, достигается при размере щели 20x1 мм. [3]

Макрообъем частиц оксида бария из-за адгезии частиц друг с другом, а также из-за высокой абсорбции, имеют свойство слипаться друг с другом и прилипать к поверхностям, что мешает использованию бариевых частиц в имеющейся системе подачи пыли. Иными словами, имеющейся вибрации контейнера и ширины щели недостаточно для того, чтобы обеспечить равномерный и плотный пылевой поток. Таким образом, были рассмотрены следующие варианты пылевых дозаторов (упор был произведен на дозаторы для сыпучих материалов и их вариации):

1) Шнековый дозатор – приспособление, осуществляющее дозирование сыпучих и гелеобразных материалов. Используется в пищевой промышленности для дозирования крахмала, муки, сухого молока, а также в отрасли бытовой химии для дозирования стиральных порошков, сухих красок. Приблизительный внешний вид представлен на рисунке 3.

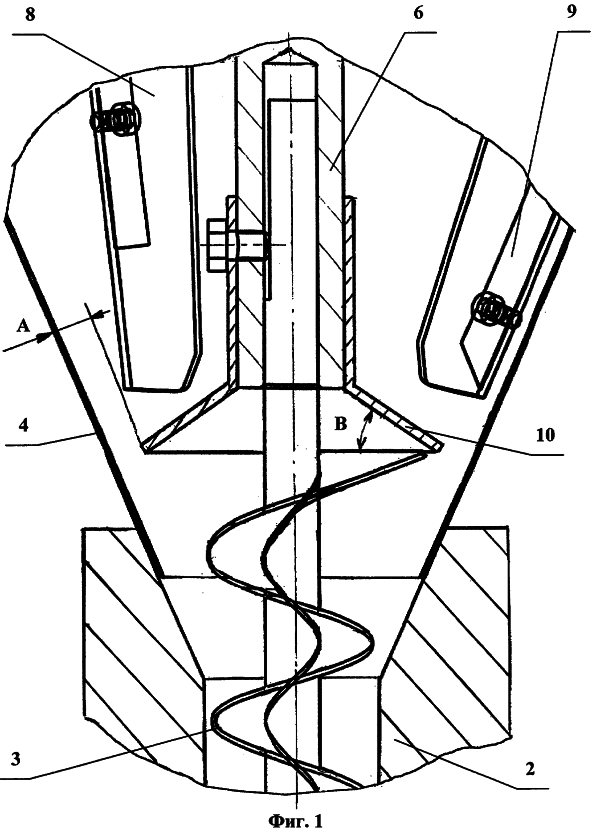


Рисунок 3 - Шнековый дозатор

Для внедрения данного приспособления пришлось бы разрабатывать конструкцию вакуумной камеры и дозатора с нуля, поэтому данный способ был отложен для поиска более целесообразных способов внедрить дозатор для оксида бария.

2) Конструкция – мельница. Несмотря на то, что пылевые частицы гарантированно будут высыпаться, равномерный поток таким образом обеспечен не будет, пылевые частицы будут высыпаться порционно, соответственно, во всякий момент времени плотность частиц по объему будет различной, что существенно затруднило бы обработку конечных результатов эксперимента.

3) Конструкция – поршень. Есть возможность дополнить конструкцию имеющегося дозатора поршнем, чтобы выдавливать пылевые частицы оксида бария. Возможные риски – под давлением поршня масса пыли может сломать контейнер-емкость, а также саму емкость следовало бы преобразить из конической (исходный вариант) в цилиндрическую.

4) Конструкция – форсунок (распылитель). Данная конструкция дозатора может обеспечить равномерный и разреженный конический поток пылевых частиц, но его внедрение повлечет за собой переработку вакуумной камеры. Кроме того, выбрасываемые под давлением пылевые частицы будут оседать на внутренних стенках камеры, что со временем обеспечит ее загрязнение и ухудшение вакуумных свойств системы.

5) Левитация пылевых частиц – сложная реализация, заключающаяся в том, чтобы воздействовать на частицы силой, которая является противоположной и компенсирующей силе тяжести. Кроме того, также необходимо обеспечить частицам относительное устойчивое положение для возможности взаимодействия их с лазерным излучением. Так как изначально частицы электрически нейтральны, то взаимодействовать электрическим полем, направленным вверх, не имеет смысла, так как при нулевом заряде пылевых частиц компенсирующая сила Лоренца будет равна нулю. Газодинамическая левитация (взаимодействие потоком воздуха, направленном вверх) тоже не подходит, так как нарушается второе условие – обеспечение устойчивого положения частицам. В теории, возможно применение диамагнитной левитации, которая заключается в следующем: левитация в сильном магнитном поле тела, содержащего в себе диамагнетик, например, воду. Использует диамагнитные свойства воды, которая под действием внешнего магнитного поля несколько изменяет параметры движения электронов в её молекулах, что приводит к появлению слабого магнитного поля, направленного противоположно исходному. Возникающий эффект отталкивания позволяет преодолевать действие силы тяжести. Диамагнитная левитация имеет ту же природу, что и эффект Мейснера (полное вытеснение магнитного поля из материала), она наблюдается при гораздо более сильных полях, но зато не требует предварительного охлаждения [4]. Согласно справочным данным, оксид бария является диамагнетиком, а, следовательно, теоретически данный способ должен работать. Трудности лишь в реализации – необходимо обеспечить сильное магнитное поле, порядка единиц Тесла, что не представляется возможным, исходя из имеющегося в лаборатории оборудования. Преимуществом левитации является наиболее близкое соответствие с космическим экспериментом – частицам обеспечивается невесомость.

6) Следующий способ определяет возможность убрать дозатор частиц из системы, а именно – обеспечить взаимодействие лазерного излучения со свободно лежащими пылевыми частицами (на диэлектрическом подвесе). Данный подвес и его расположение внутри вакуумной камеры представлено на рисунке 4. Сконструирован подвес таким образом, чтобы закрепляться на спроектированных электродах, чтобы не возникало препятствий ни для лазерного излучения, ни для эмитированных электронов. Так как подвес диэлектрический, то будет происходить накопление суммарного положительного заряда пылевой массы, но при этом будет происходить обмен электронами между частицами. При данной конфигурации поле, создаваемое пылевой массой, будет расти со временем работы установки, вплоть до насыщения.

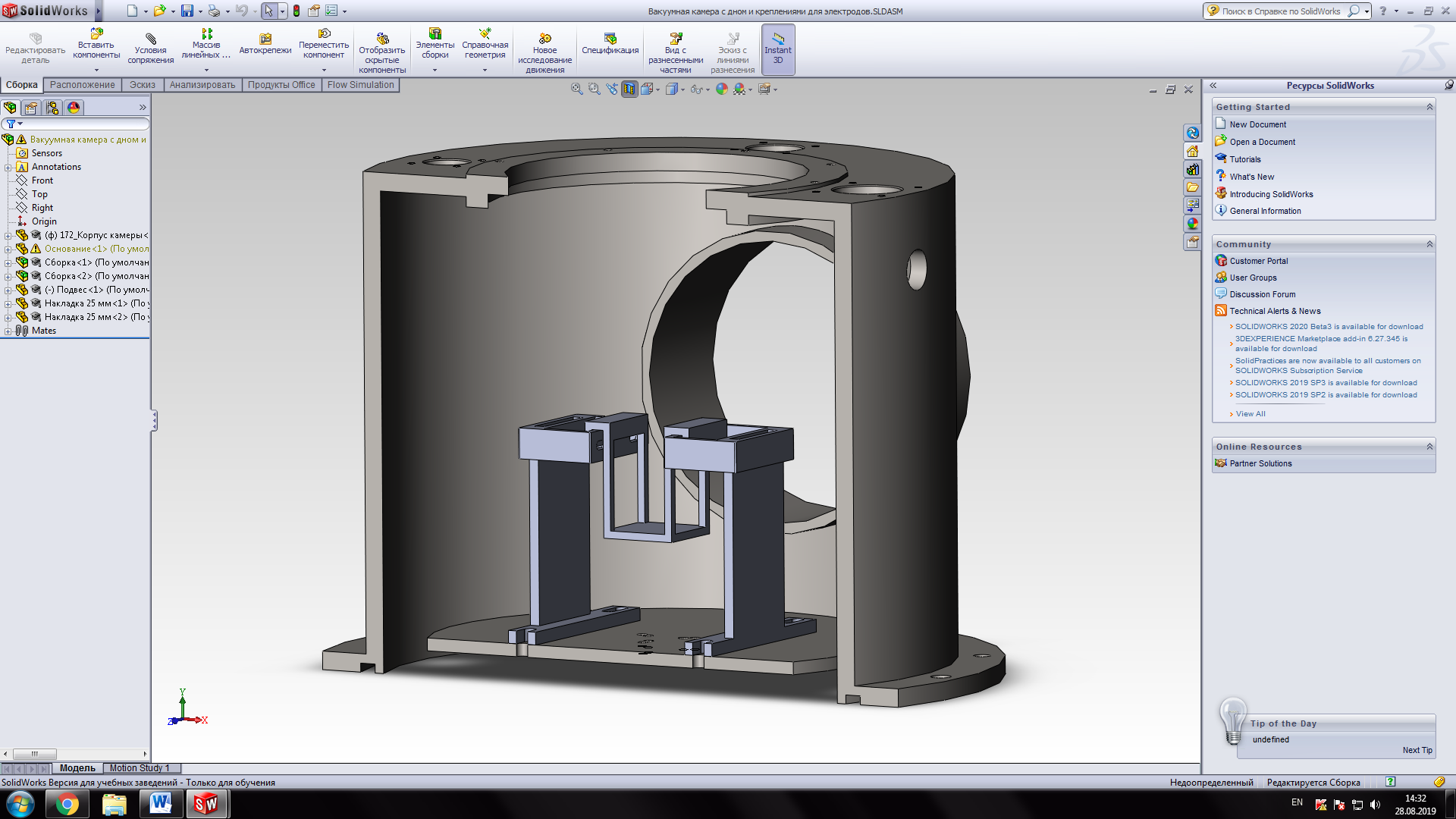


Рисунок 4 - Вакуумная камера с подвесом (в разрезе)

Несмотря на множество вариантов по модернизации системы подачи пылевых частиц, было принято решение произвести минимальные изменения. Опытным путем было выяснено, что для преодоления сил адгезии требуется более мощная вибрация контейнера, чем была ранее. Так как изначально вибрацию контейнера обеспечивал мотор с эксцентриком, то было принято решение об увеличении момента инерции эксцентрика (что обеспечит бóльшую амплитуду колебаний эксцентрика, а, соответственно, и контейнера). Кроме того, опытным путем был определен размер щели, который составил 16x2 мм, при котором частицы бария высыпались плотным равномерным потоком. Также разделить частицы друг от друга помогала металлическая сетка, расположенная перед щелью.

После определения конструкции контейнера (а точнее, его модернизации) возникла новая проблема – вследствие высокой гигроскопичности массы частиц оксида бария и, соответственно, высокой силой удержания влаги массой частиц оксида бария затрудняется достижение требуемого вакуума, необходимого для проведения экспериментов. Между слипшимися частицами оксида бария остается воздух, что также затрудняет достижение вакуума.

Получение вакуума внутри камеры станет возможным при постоянном движении частиц друг относительно друга. То есть, теоретически, обеспечение вибрации в процессе откачки насосами должно обеспечить требуемый вакуум. В таком случае возникает проблема, связанная с запасом прочности контейнера, а также его герметичностью – иными словами, пылевые частицы под действием вибрации начинают хаотично сыпаться из мест стыков и щелей на контейнере. Данная проблема решается путем модернизации контейнера: замены материала контейнера для увеличения запаса прочности, укрепления уже имеющегося контейнера, заделывание щелей и стыков; либо, на крайний случай, изменение конструкции контейнера.

Также, рассматривалась идея уйти от привычного дозатора частиц и перейти на модель центрифуги, что также приведет к неизбежному изменению конструкции самой вакуумной камеры.

## 2.2 Вопросы безопасности

Работа с мелкодисперсным состоянием вещества, сыпучими и летучими материалами подразумевает обязательные использования средств индивидуальной защиты, а также грамотно обустроенное рабочее место с вытяжной вентиляцией, обеспечением пожарной безопасности. Мелкодисперсные частицы имеют свойство оседать в легких, что влечет за собой при длительных и систематических воздействиях постепенное ухудшение здоровья человека – пневмокониоз. Разные материалы пыли вызывают различное влияние на организм, с разной скоростью нанося вред органам дыхания. Кроме того, частицы оксида бария по стандарту NFPA 704 имеют третий класс опасности для здоровья, что означает следующее: кратковременное воздействие может привести к серьёзным временным или умеренным остаточным последствиям [1]. Оксид бария является раздражителем. При попадании на кожу, в глаза или при вдыхании вызывает боль и покраснение. Тем не менее, это более опасно при попадании в организм. Это может вызвать тошноту и диарею, паралич мышц , аритмию сердца и может привести к смерти. При попадании внутрь следует немедленно обратиться за медицинской помощью [5]. Кроме того, оксид бария не должен выделяться в окружающую среду; это вредно для водных организмов.

Но основная опасность от попадания пылевых частиц в организм носит биоаккумулятивный характер, то есть способностью оседать и накапливаться в организме. Пневмокониоз — хронические заболевания, обычно развивающиеся постепенно. Течение заболевания зависит от условий труда (степень запылённости воздуха в рабочем помещении, состав пыли), наличия сопутствующих заболеваний (особенно органов дыхания, в том числе туберкулёза, и сердечно-сосудистой системы), индивидуальной чувствительности организма. Клинические проявления различны при разных видах пневмокониоза, хотя у них есть и общие признаки. В зависимости от степени выраженности фиброзного процесса различают несколько стадий заболевания. Вначале отмечаются боли в груди, сухой кашель. В дальнейшем появляются признаки лёгочной недостаточности, к которым затем, могут присоединиться явления сердечной недостаточности. Нередко наблюдаются изменения (атрофия или гипертрофия) слизистых оболочек дыхательных путей, нарушаются функции желудка и поджелудочной железы, возникают нарушения обмена веществ. Осложнения: воспаление лёгких, туберкулёз, хронический бронхит, бронхоэктатическая болезнь. [6]

Так как пневмокониоз неизлечим и необратим, крайне важно предотвратить вдыхание пыли. Для этого необходимо изменение технологии: снижение запылённости окружающего воздуха, автоматизация технологических процессов и дистанционное управление, использование эффективной вентиляции и воздушных душей и др. Предварительный (для поступающих на работу) и периодический (для работающих) медосмотры. Для предупреждения дальнейшего прогрессирования фиброзного процесса — перевод больных на работу, не связанную с воздействием пыли. Также имеют значение санитарные, просветительские и медицинские мероприятия.

Особое значение будут иметь индивидуальные средства защиты органов дыхания – респираторы. Они классифицируются по форм-фактору (полумаска, четверть-маска, полнолицевая маска), по сроку службы (одноразовые, многоразовые), по конструкции (со сменными фильтрами, со встроенными фильтрами), по предназначению (противопылевые, противогазовые, газопылезащитные). Учитывая специфику проводимых экспериментов, подойдут газопылезащитные респираторы и фильтры (класс Р). Также каждый класс дополняется цифрой 1, 2 или 3, определяющий предельно допустимую концентрацию вредных веществ в воздухе, при которой тот или иной респиратор допускается к использованию. Так, респираторы 1 класса используются в условиях до 4 ПДК, 2 класса – до 12 ПДК, и 3 класса – до 50 ПДК. Так как мгновенное значение ПДК пылевых частиц в воздухе в рабочей зоне установки высокое, то было принято решение о приобретении респиратора 3 класса.

Помимо оседания частиц в органах дыхания и загрязнения окружающего воздуха, некоторые пылевые частицы проявляют огнеопасные свойства. Мелкодисперсные частицы титана имеют свойства пирофорности, то есть, способностью легко воспламеняться на воздухе и искрить. Искры, полученные в результате воспламенения титанового порошка, могут вызвать пожар. Это свойство титанового порошка стоит учитывать при работе с ним, соблюдая пожарную технику безопасности.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках производственной практики на предприятии АО «Лазерные системы» и в рамках проекта «Пыль» были изучены и рассмотрены вопросы обеспечения безопасности при проведении экспериментов с пылевыми частицами. Также, были рассмотрены возможные варианты конструкции дозатора пылевых частиц, которые могли бы обеспечивать равномерный и плотный поток частиц оксида бария и которые преодолевали бы силы адгезии и абсорбции.

Эксперимент подразумевает использование пылевых частиц разных материалов, в таком случае будет захвачен и проанализирован весь спектр эмиссионных явлений, будут изучены статические и динамические свойства пылевой массы.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1) International Chemical Safety Card 0778 / IPCS INCHEM. [Canada, 2019]. URL: <http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics0778.htm> (дата обращения: 03.07.2019).

2) Морфилл Г.Е. Комплексная и пылевая плазма. Из лаборатории в космос. / под ред. Фортова В.Е. М.,2013. 444 с.

3) Сементин В.В., Сергеев А.А., Авферонок С.Э. Стенд для исследования эмиссии электронов с пылевых макрочастиц под действием коротких лазерных импульсов. СПб.: сборник трудов XI общероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии и технические средства специального назначения», 2018. – 6 с.

4) The Meissner Effect / Hyper Physics. Georgia State University [Atlanta, 2016]. URL: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Solids/meis.html> (дата обращения: 11.07.2019).

5) Barium oxide / Wikipedia, the free encyclopedia. [Chicago, 2019]. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Barium_oxide> (дата обращения: 11.07.2019)

6) Воронцова Е.И., Сенкевич Н.А., Боголюбов В.М., Григорян Э.А., Лихачев Ю. Пневмокониозы // Большая медицинская энциклопедия : в 30 т. / гл. ред. Б.В. Петровский. — 3 изд. — М.: Советская энциклопедия, 1982. — Т. 19. Перельман - Пневмопатии. — 536 с.