

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 612.216.3

Куприянов  
Никита Игоревич

Модель течения газовой смеси в дыхательном контуре аппарата  
искусственной вентиляции легких

### **АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра  
по специальности 1-39 80 03 Электронные системы и технологии

Научный руководитель  
Камлач Павел Викторович  
канд.техн.наук, доцент

Минск 2023

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Целью магистерской диссертации является разработка модели течения газовой смеси в дыхательном контуре аппарата искусственной вентиляции лёгких.

В магистерской диссертации требуется спроектировать модель течения газовой смеси в дыхательном контуре аппарата ИВЛ. Целью использования данной модели является моделирование различных ситуаций, которые могут возникнуть при использовании реального аппарата ИВЛ.

Так как целью исследования является разработка модели течения газовой смеси в дыхательном контуре аппарата ИВЛ, то предполагается, что данные исследования помогут улучшить дыхательный контур существующих аппаратов искусственной вентиляции лёгких и помогут в разработке новых. Усовершенствование существующих аппаратов ИВЛ является востребованным, потому что в наше время случается множество катастроф и аварий, в следствии которых люди попадают в больницу в очень тяжелом состоянии, не способные самостоятельно дышать. И в определенные сезоны года, когда происходят вспышки гриппа и различных вирусов, люди часто попадают в больницу, где им необходимо оказать эффективную помощь.

Задачи исследования:

- выбор пакета для моделирования течения газовой смеси;
- разработка геометрической модели дыхательного контура аппарата ИВЛ;
- моделирование течения газовой смеси в дыхательном контуре аппарата ИВЛ;
- выдача рекомендаций по практическому применению модели течения газовой смеси в дыхательном контуре аппарата ИВЛ.

Вышеперечисленные задачи планируется решать с помощью пакетов прикладных программ САПР. Данные программы отлично подходят для решения всех задач, поставленных в магистерской диссертации. Они удобны и понятны в использовании. Решение задач магистерской диссертации при использовании данных программ будет проходить быстро и эффективно.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Цель и задачи исследования**

Целью диссертационной работы является разработка модели течения газовой смеси в дыхательном контуре аппарата ИВЛ.

В соответствии с поставленной целью, в работе сформированы и решены следующие задачи:

- выбрать пакет для моделирования течения газовой смеси;
- разработать геометрическую модель дыхательного контура аппарата ИВЛ;
- промоделировать течение газовой смеси в дыхательном контуре аппарата ИВЛ;
- выдать рекомендации по практическому применению модели течения газовой смеси в дыхательном контуре аппарата ИВЛ.

### **Актуальность**

Предполагается, что данные исследования помогут улучшить дыхательный контур существующих аппаратов искусственной вентиляции лёгких и помогут в разработке новых.

**Объектом исследования** являются методы моделирования течения газа.

**Методы исследования:** метод моделирования *3D* моделей, методы прохождения жидкости и газа в трубе.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Математическая модель течения газовой смеси в дыхательном контуре аппарата искусственной вентиляции легких, позволяющая рассчитать скорость течения потока газовой смеси и избыточное давление на входе и выходе трубок подачи газовой смеси.

2. Результаты моделирования скорости течения потока газовой смеси и избыточного давления в дыхательном контуре аппарата искусственной вентиляции легких без надавливания на прямую трубку, при надавливании на прямую трубку с силой в 166,71 Н и в 328,52 Н, а также изогнутой трубки при радиусах изгиба от 1,85 мм до 75 мм.

### **Полученные результаты и их новизна**

Научная новизна и значимость полученных результатов работы заключается в разработке модели течения газовой смеси в дыхательном контуре аппарата искусственной вентиляции лёгких.

### **Личный вклад соискателя**

Содержание диссертации отражает личный вклад автора. Он заключается в разработке дыхательного контура и его моделирования, а также анализа результатов моделирования.

Определение цели и задач исследований, интерпретация и обобщение полученных результатов проводились с научным руководителем, кандидатом технических наук, доцентом П.В. Камлачом.

### **Апробация результатов диссертации**

– 58-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов «Электронные системы и технологии», Минск, 18-22 апреля 2022 года.

– XIII Международная научно-техническая конференция «МЕДЭЛЕКТРОНИКА - 2022» СРЕДСТВА МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И НОВЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ».

– 59-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов «Электронные системы и технологии», Минск, 17-21 апреля 2023 года.

– IX Международная научно-практическая конференция «BIG DATA and Advanced Analytics Conference», Минск, 17-18 мая 2023 года.

### **Опубликованность результатов диссертации**

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 6 печатных работах. В их числе 1 статья в рецензируемом журнале, рекомендованном ВАК Республики Беларусь для опубликования результатов исследования, 5 статей в сборниках материалов научных конференций.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** сформулирована цель работы, также выделены задачи, которые необходимо решить для выполнения поставленной цели, а также описано обоснование актуальности темы.

В **общей характеристике работы** показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований.

В **первой главе** приведен обзор методов и средств моделирования. Рассмотрены различные виды потоков и программа для 3D моделирования *SolidWorks*.

Был сделан вывод о том, что программный продукт *SolidWorks*, отличным подходит для выполнения поставленных задач.

Во **второй главе** представлен процесс разработки модели дыхательного контура аппарата искусственной вентиляции лёгких.

С использованием *SolidWorks* были разработаны составные части: маска, теплообменник(влагообменник), разделитель и трубки. Затем из составных частей были сделаны сборки, сборка с прямыми трубками и сборка с изогнутыми трубками.

Далее было необходимо деформировать трубки. Прямые трубки сжимали с двух сторон с определённой массой. Трубки с изгибами изгибали ещё сильнее.

В **третьей главе** представлены результаты моделирования, которые были получены с использованием специального модуля *Flow Simulation* в *SolidWorks*. Были заданы граничные условия – это давление окружающей среды на входе маски и объемный расход на входе трубки. Давление окружающей среды приняли постоянным – 101325 Па, а объемный расход на входе изменяли. Обычно при ИВЛ скорость потока задается равной 60 л/мин, значит объемный расход на входе будет равен 0,001 м<sup>3</sup>/с. Для полноты результатов были взяты ещё несколько скоростей потока – 30 л/мин, объемный расход на входе равен 0,0005 м<sup>3</sup>/с, и 120 л/мин, объемный расход на входе равен 0,002 м<sup>3</sup>/с.

В результате были получены графики зависимости скорости и давления от сдавливания трубки и от изгиба.

В **четвёртой главе** даны рекомендации по практическому применению модели течения газовой смеси в дыхательном контуре аппарата искусственной вентиляции лёгких.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Основные научные результаты диссертации**

1. Рассмотрены виды потоков, число Рейнольдса, уравнение Бернулли, программный продукт SolidWorks, его преимущества и недостатки, а также возможности данного продукта.

2. Разработана модель течения газовой смеси в дыхательном контуре аппарата искусственной вентиляции лёгких.

3. В результате моделирования получены графики зависимости скорости и давления от сдавливания трубки и от изгиба.

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

Планируется, что разработанная модель течения газовой смеси в дыхательном контуре аппарата искусственной вентиляции легких будет использоваться, как разработчиками аппаратов искусственной вентиляции легких, которые смогут, подставляя входные данные получить скорость потока и, проанализировав результаты, смогут разрабатывать оптимальные аппараты искусственной вентиляции легких, так и врачами, которые также, подставляя входные данные, смогут получить подходящую для данного пациента режим вентиляции.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1–А. Куприянов, Н. И. Классификация современных аппаратов искусственной вентиляции легких / Н. И. Куприянов, А. В. Гордиевич, И.И. Ревинская // Электронные системы и технологии [Электронный ресурс] : сборник материалов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18-22 апреля 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2022. – С. 370–372. – Режим доступа : <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/47249>

2–А. Гордиевич, А. В. Фильтрация электрокардиосигналов методом комбинации фильтров Чебышева и Савицкого-Голея / А. В. Гордиевич, Н. И. Куприянов // Электронные системы и технологии [Электронный ресурс] : сборник материалов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18-22 апреля 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2022. – С. 370–372. – Режим доступа : <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/47233>

3–А. Имитационная модель аппарата искусственной вентиляции лёгких / П. В. Камлач [и др.] // Доклады БГУИР. 2023. Т. 21, № 1. С. 104–108. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-21-1-104-108>.

4–А. Куприянов, Н.И. Разработка геометрической модели дыхательного контура аппарата искусственной вентиляции легких / Н.И. Куприянов, А.В. Слижёва // Электронные системы и технологии: 59-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 17-21 апреля 2023 г.: сборник тезисов докладов / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск: БГУИР, 2023. (в печати).

5–А. Куприянов, Н.И. Моделирование течения газовой смеси в дыхательном контуре аппарата искусственной вентиляции легких / Н.И. Куприянов, А.В. Слижёва // Электронные системы и технологии: 59-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 17-21 апреля 2023 г.: сборник тезисов докладов / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск: БГУИР, 2023. (в печати).

6–А. Куприянов, Н.И. Моделирование имитационной модели аппарата искусственной вентиляции легких / Н.И. Куприянов, П.В. Камлач, А.В. Слижёва // Материалы девятой международной научно-практической конференции BIG DATA and Advanced Analytics Conference and EXPO» – Минск, 2023. (в печати).