

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 616-7

### Моделирование аппликатора аппарата ударно-волновой терапии

М.А. Борисенко<sup>1</sup>, Н.В. Авилова<sup>1</sup>, Н.А. Цынко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

<sup>2</sup> Армавирский противотуберкулезный диспансер Министерства здравоохранения, г. Армавир, Российская Федерация

#### Аннотация

В статье представлены аппараты ударно-волновой терапии (УВТ) ведущих мировых производителей, принципы генерации ударной волны, биофизические принципы воздействия акустических ударных волн на человека. Показана эффективность пневматического принципа ударной волны. Представлено 3D-моделирование в программной среде «Компас-3D» разработанного аппликатора аппарата УВТ, обладающего большей надежностью и технологичностью.

**Ключевые слова:** аппарат ударно-волновой терапии, моделирование, электромагнитный клапан, аппликатор, генерация ударной волны

**Для цитирования.** Борисенко М.А., Авилова Н.В., Цынко Н.А. Моделирование аппликатора аппарата ударно-волновой терапии. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(2):21–24.

### Modeling an Applicator for a Shock Wave Therapy Machine

Maksim A. Borisenko<sup>1</sup>, Natalia V. Avilova<sup>1</sup>, Nikolai A. Tsynko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

<sup>2</sup> Armavir Antituberculosis Dispensary of the Ministry of Health, Armavir, Russian Federation

#### Abstract

The article provides an overview of the shock wave therapy (SWT) machines of leading global manufacturers, defines the principles of shock wave generation, and the biophysical principles of acoustic shock wave effect on humans. The efficiency of pneumatic shock wave principle has been demonstrated. 3D modeling of the developed applicator for the SWT machine, which has proved to be more reliable and technologically advanced, was completed in the “Compass-3D” software environment.

**Keywords:** shock wave therapy machine, modeling, solenoid valve, applicator, shock wave generation

**For Citation.** Borisenko MA, Avilova NV, Tsynko NA. Modeling an Applicator for a Shock Wave Therapy Machine. *Young Researcher of Don*. 2026;11(2):21–24.

**Введение.** Одним из актуальных методов современной клинической практики для лечения широкого спектра заболеваний является ударно-волновая терапия (УВТ). УВТ широко применяется в ортопедии и травматологии, урологии, спортивной медицине, дерматологии, неврологии, косметологии, кардиологии [1–6]. Эффективность метода обусловлена неинвазивностью, прицельной стимуляцией клеточного метаболизма отдельных тканей и органов, анальгезирующим действием и минимальным количеством побочных эффектов [7]. УВТ выступает альтернативой хирургическому вмешательству: она позволяет лечить патологические процессы без разрезов и риска инфицирования и ускоряет восстановление тканей.

УВТ реализует первичные и вторичные механизмы воздействия [8]. К первичным относятся механические и акустические эффекты (микрогидродинамический удар, кавитация, импеданс тканей). К вторичным — биологические эффекты, обеспечивающие запуск клеточных и молекулярных процессов. Клетки здорового организма окружены мембраной — эластичной молекулярной структурой с типичной проницаемостью, что позволяет инфразвуковым волнам проникать в зону воздействия без разрушения клеток [9]. При воспалении внутриклеточный отёк изменяет биофизические свойства и проницаемость мембран, делая их более напряжёнными и плотными;

вследствие этого акустическое сопротивление воспалённых участков повышается. Лечение ударными волнами переводит хронический процесс в острую фазу, что активизирует иммунную систему; в ответ усиливается ангиогенез и нейрогенез, обновляются внутриклеточные структуры, улучшается кровоток, возрастает синтез коллагена, снижаются воспаление и боль, восстанавливается функция повреждённых тканей и органов [10].

Таким образом, биофизические основы УВТ базируются на сочетании механического воздействия и последующей биохимической регуляции. Понимание этих процессов позволяет оптимизировать параметры лечения (энергию, частоту, фокусировку) для конкретных патологий.

Известно несколько основных способов генерации ударных волн: электрогидравлический, электромагнитный, пьезоэлектрический и пневматический. Пневматический способ — наиболее простой и недорогой в обслуживании; он обеспечивает минимальный дискомфорт для пациента и широкий охват зоны воздействия, а масса аппликатора с таким генератором меньше. Недостатком пневматического способа является генерация радиальных волн с меньшей энергией и проникающей способностью по сравнению с фокусированными волнами, что ограничивает эффективность при лечении глубоко расположенных тканей, в том числе при мочекаменной болезни.

Следует отметить, что ведущими производителями аппаратов УВТ с пневматическим приводом являются Storz Medical и EMS Swiss DolorClast (Швейцария), Dornier MedTech (Германия). В России аппараты УВТ стали производиться сравнительно недавно, например, НПО «МедТехноПарк». Возникают задачи дальнейшего развития конструкций УВТ-аппаратов, связанные с заменой импортных компонентов, разработкой персонализированных программ лечения, привлечением искусственного интеллекта для анализа плотности тканей и подбором оптимальной энергии воздействия и т.п.

Цель статьи — представить результаты разработки более надёжной и технологичной конструкции аппликатора аппарата ударно-волновой терапии на основе существующих моделей. Разработка направлена на создание отечественного аппликатора с большим количеством режимов работы, более технологичной сборкой и улучшенной эргономикой.

**Основная часть.** Одним из ключевых узлов аппарата УВТ является аппликатор, встраиваемый в корпус, выполненный в форме пистолета. В ходе работы в среде КОМПАС-3D были разработаны две модели. Одна из них воспроизводит аппликатор существующего аппарата УВТ и представлена на рис. 1, 2.

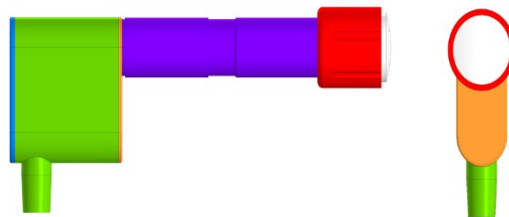


Рис. 1. Внешний вид исходного аппликатора аппарата УВТ

Аппликатор выполнен в виде разборного корпуса 2 с рукояткой 14, в которой размещён блок управления 11, а также генератор ударных волн со сменными мультифокусирующими насадками 13. В направляющей трубке 5, жёстко установленной в штупере 6 и корпусе 2, перемещается поршень 1. Рукоятка с обеих сторон закрыта предохранительными крышками 10 и 12. Сжатый воздух подаётся в пневмосистему и разгоняет поршень аппликатора 1, который совершает возвратно-поступательные движения в направляющей трубке 5 с заданной частотой и скоростью. В результате удара поршня 1 по рабочей части сменной насадки 13 генерируется инфразвуковая ударная волна, оказывающая лечебное воздействие на соответствующие ткани, мышцы и суставы.

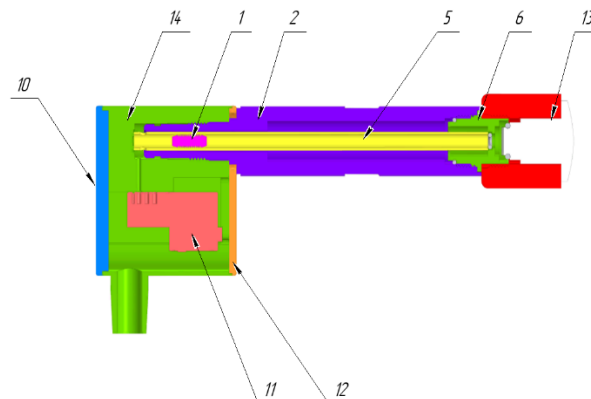


Рис. 2. Конструкция исходного аппликатора

Основной акцент в разработке аппликатора был сделан на улучшение эргономики, повышение надежности и технологичности устройства. Модернизированный аппликатор представлен на рис. 3 и 4.

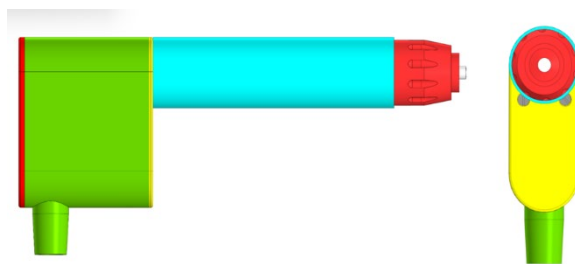


Рис. 3. Внешний вид разработанного аппликатора аппарата УВТ

Рукоять аппликатора 14 претерпела существенные изменения. В неё введены пружина 2 и штуцер 7, что позволило разделить ранее единый корпус на три составные части 3, 4 и 7. Это решение улучшило управляемость аппаратом и снизило вибрационную нагрузку на кисть оператора. Штуцер 7 изготовлен из бронзы, что обеспечивает более высокую прочность и долговечность по сравнению с алюминиевым аналогом; бронза также характеризуется лучшими антифрикционными и антикоррозионными свойствами, способствующими надёжной работе устройства. Для повышения ремонтпригодности глухое отверстие в рукояти 14 выполнено сквозным — в нём размещены резиновые прокладки 8 и магнит 15, а также введён винт — заглушка 9. Это упрощает замену изношенного поршня 1 и прокладок 8, сокращая время простоя и затраты на обслуживание. Магнит 15 удерживает боёк в начальном положении после каждого импульса сжатого воздуха. Резиновые прокладки 8 выполняют роль амортизаторов, смягчая удар при возвращении бойка в исходное положение; такое решение дополнительно снижает вибрацию и повышает комфорт работы оператора.

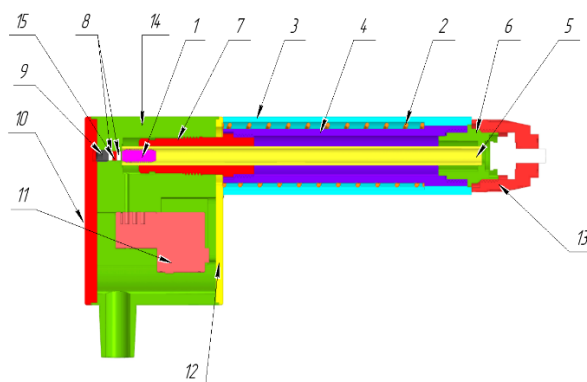


Рис. 4. Конструкция разработанного аппликатора аппарата УВТ

Ещё одно важное изменение затронуло электромагнитный клапан 11. Клапан серии SYJ SYJ314-5LZ (Япония) заменён на клапан типа HS32-DAD5-F10-7B-300 (Италия). Внешний вид этих клапанов представлен на рис. 5. Клапан HS32-DAD5-F10-7B-300 обладает большей мощностью и расширенным диапазоном рабочих давлений, что обеспечивает более точное регулирование силы удара бойка о наконечник 13 в зависимости от поставленной задачи. Это решение создаёт предпосылки для дальнейшего расширения диапазона интенсивностей воздействия на патологические органы и ткани при применении различных терапевтических методик.

Таким образом, разработанная модель аппликатора представляет собой современное и функциональное устройство с улучшенными эксплуатационными характеристиками и технологическими свойствами, объединяющее инновационные подходы в материаловедении, эргономике и автоматизации процессов.



Рис. 5. Электромагнитные клапаны SYJ SYJ314-5LZ (Япония) (слева), HS32-DAD5-F10-7B-300 (Италия)(справа)

**Заключение.** В разработанном аппликаторе переработана конструкция корпуса, введена пружина для гашения ударных воздействий, подобраны более функциональные пневматические клапаны, повышена технологичность корпуса и улучшена эргономика изделия. В дальнейшем планируется модернизация формы сменных насадок для генерации фокусированных волн, а также разработка пневматической системы аппарата на отечественных элементах, включая компрессор, пневмоклапаны и отечественную электронику [11].

#### Список литературы

1. Могилевич В.В., Хренина Н.М. Метод ударно-волновой терапии в практике врача-физиотерапевта. *Военная медицина*. 2023; 1(66): 59–65. URL: <https://rep.bsmu.by/handle/BSMU/36783> (дата обращения: 25.03.2025).
2. Зубович И.В., Кот И.В. Опыт применения ударно-волновой терапии в лечении заболеваний опорно-двигательного аппарата. *Медицинские новости*. 2021; 9(324):57–59.
3. Кульчицкая Д.Б., Кончугова Т.В., Кияткин В.А. Обоснование применения ударно-волновой терапии в клинической практике. *Физиотерапевт*. 2018;(1):83–88.
4. Гаврилевич Б.А., Семенов А.А., Гуревич К.Г., Нагорнев С.Н., Радченко С.Н., Пузырева Г.А. Ударно-волновая терапия: состояние проблемы и возможности применения в клинической практике. *Человек и здоровье*. 2017;(3):11–18.
5. Куршев В.В., Литвиненко А.С., Безуглов Э.Н., Репетюк А.Д., Патрина Е.В. Реабилитация спортсменов с заболеваниями и травмами опорно-двигательного аппарата. *Хирургическая практика*. 2015;(3):71–77.
6. Simplicio CL, Purita J, Murrell W, Santos GS, Dos Santos RG, Lana JFSD. Extracorporeal Shock Wave Therapy Mechanisms in Musculoskeletal Regenerative Medicine. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. 2020;11(Suppl. 3):S309–S318. <http://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.02.004>
7. Ji Q, Wang P, He C. Extracorporeal Shockwave Therapy as a Novel and Potential Treatment for Degenerative Cartilage and Bone Disease: Osteoarthritis. A Qualitative Analysis of the Literature. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*. 2016;121(3):255–265. <http://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2016.07.001>
8. Аганов А.В. *Медицинская физика. Часть 1. Молекулярная физика. Механика*. 3-е изд., доп. Казань: Издательство Казанского университета; 2022. 336 с.
9. Лещевич В.И., Камлач П.В., Чураков А.В., Мадвейко С.И. Классификация инфразвуковых волн в медицине. В: *Сборник научных статей XIII Международной научно-технической конференции «Медэлектроника–2022. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии»*. Минск, 8-9 декабря 2022 года. Минск: БГУИР; 2022. С. 210–212.
10. Gerdesmeyer L, et al. Physical Principles and Generation of Shock Waves for Musculoskeletal Applications. *BioMed Research International*. 2017
11. Колесниченко В.А., Авилова Н.В., Цынка Н.А. Проектирование пневмопривода аппарата ударно-волновой терапии. *Молодой исследователь Дона*. 2024;9(1):4–9.

#### Об авторах:

**Максим Андреевич Борисенко**, студент Института сквозных технологий Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1) [borisenko.ma@gs.donstu.ru](mailto:borisenko.ma@gs.donstu.ru)

**Наталья Васильевна Авилова**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1), [av170556@rambler.ru](mailto:av170556@rambler.ru)

**Цынка Николай Алексеевич**, заведующий отделением болезней туберкулезом органов дыхания №2 Армавирского противотуберкулезного диспансера Министерства здравоохранения Краснодарского края (352900, Российская Федерация, г. Армавир, ул. Ефремова, д. 254)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

#### About the Authors:

**Maksim A. Borisenko**, Student of the Institute of End-to-End Technologies, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [borisenko.ma@gs.donstu.ru](mailto:borisenko.ma@gs.donstu.ru)

**Natalia V. Avilova**, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Instrumentation and Biomedical Engineering Department (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [av170556@rambler.ru](mailto:av170556@rambler.ru)

**Nikolai A. Tsynko**, Head of the Respiratory Tuberculosis Department No. 2, Armavir Antituberculosis Dispensary of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory (254, Efremova Str., Armavir, 352900, Russian Federation)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**