

## **ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ФАНТОМА НОВОРОЖДЁННОГО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В НЕОНАТАЛЬНОМ ИНКУБАТОРЕ**

**Коробов А.А. (к.т.н., ст. пр.), Савинова К.С. (аспирант), Потлов А.Ю. (к.т.н., доцент)**  
*кафедры «Биомедицинская техника» Тамбовский государственный технический  
университет, Тамбов, Россия*

Научный руководитель – **С.В. Фролов**

*(д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВО  
«Тамбовский государственный технический университет»)*

**Аннотация:** Рассмотрены этапы разработки фантома недоношенного ребёнка, предназначенного для проведения модельных исследований микроклимата в неонатальном инкубаторе. Приведён перечень экспериментов, необходимых для обоснования структуры фантома, особенностей его состава и требуемых свойств теплопереноса.

**Ключевые слова:** фантом, микроклимат, неонатальный инкубатор, 3D-печать.

### **Введение**

Аспекты, связанные с выхаживанием и выживанием детей, рождённых раньше срока, остаются актуальными в настоящее время. Отмечаются проблемы, связанные с применением в неонатальных инкубаторах способов управления микроклиматом, основанных на классических законах управления. Для внедрения усовершенствованных методов управления параметрами инкубатора (температурой, влажностью и освещением), основанных на применении нейронных сетей, требуются исследования теплопереноса биотехнической системы ребёнок-неонатальный инкубатор. Для проведения этих исследований и преодоления проблем, связанных с необходимостью взаимодействия с новорождённым, предлагается проведение модельных исследований с использованием разрабатываемого гидродинамического неонатального фантома новорождённого.

### **Результаты и обсуждение**

Для повышения эффективности поддержания микроклимата в инкубаторе Ardo Medical Amelie предлагается использование усовершенствованного градиентного нейросетевого метода управления температурой, влажностью и освещением [1, 2]. Для исследования его эффективности создан гидродинамический неонатальный фантом новорождённого, имитирующий тело ребёнка и состоящий из сегментов – голова, грудная клетка, брюшная полость, руки и ноги.

Структура фантома предполагает собой имитацию тела ребёнка с полостями в его сегментах для прохождения жидкости по циклу кровообращения в туловище, голове и конечностях.

Для создания полноростного фантома на этапе моделирования требуется задание его корректного размера, отражающего пропорции отображаемых сегментов тела ребёнка и соответствующего анатомо-физиологическим признакам. Для соответствия параметров размера фантома ребёнку определённому возрасту целесообразно использовать диаграммы Фентона, позволяющие оценить антропометрические параметры ребёнка – массу, длину тела и окружность головы [3]. Благодаря отражению этих параметров учитывается требуемая для исследования степень недоношенности ребёнка.

Для создания анатомически корректных форм для последующего литья силиконом использована технология 3D-печати фотополимером. Для возможности воспроизведения требуемых размеров, создания внутренней полости и заполнения жидкостью (имитатора сердечно-сосудистой системы) каждая форма печатается из двух половин с последующей склейкой и герметизацией.

В качестве основы (матрикса) фантома используется двухкомпонентный прозрачный силикон на платиновой основе, состоящий из компонентов А и В.

Для отражения требуемых теплофизических свойств фантома проведён ряд исследований по определению состава основы фантома. Проведены эксперименты по

определению пропорций компонентов А и В для определения времени и степени итогового затвердевания фантома, а также применения в составе матрикса включений – потенциально, медной стружки, позволяющей приблизить теплофизические свойства фантома к требуемым значениям. Структура экспериментального образца формы для литья (рис. 1.а) сегмента головы и результата литья матрикса фантома (рис. 1.б) с включением в его структуру медной стружки представлены на рис.1.

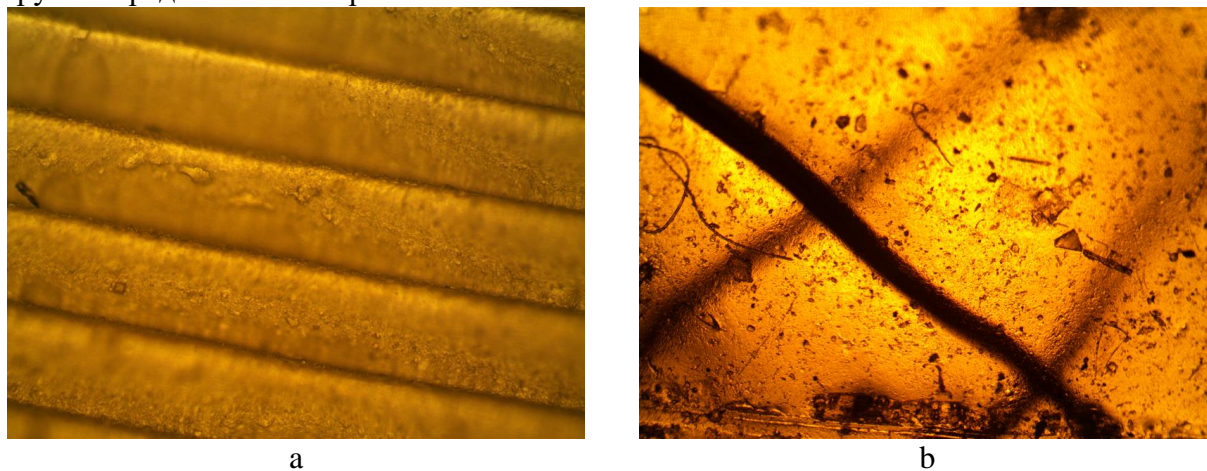


Рис 1. Структура образцов формы для литья и матрикса фантома

Для корректного отражения теплофизических свойств проведены исследования по определению требуемой толщины силиконового слоя и внутренней полости, а также исследования по влиянию включения красителя и покрытия внешнего слоя на поглощение тепла фантомом.

Проведены эксперименты по исследованию пропорций компонента А, компонента В, металлической стружки, красителя, внешнего покрытия и наличия твёрдых объектов в матриксе фантома на качество процесса дегазации материала фантома.

#### **Заключение**

Исследования, проведённые на этапе моделирования фантома и определения состава его матрикса приблизили теплофизические свойства фантома к требуемым значениям и реализовали имитацию процесса кровообращения, что позволило провести качественные исследования возможности управления микроклиматом в неонатальных инкубаторах с помощью метода градиентного нейросетевого управления.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №23-29-00763, <https://rscf.ru/project/23-29-00763/>*

#### **Литература**

1. Frolov S.V., Korobov A.A., Savinova K.S., Potlov A.Y. Application of the Method of Gradient Neural Network Control in Bioengineering Systems // 2023 7th International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT), Astrakhan, Russian Federation. – 2023. – p. 1-4.
2. Frolov S.V., Potlov A.Y., Korobov A.A., Savinova K.S. Neural Network Control of Environmental Parameters in Neonatal Incubators // 2023 IV International Conference on Neural Networks and Neurotechnologies (NeuroNT), Saint Petersburg, Russian Federation. - 2023, P. 21-24.
3. Fenton T., Kim J.: A systematic review and meta-analysis to revise the Fenton growth chart for preterm infants // BMC Pediatrics 13:59 - 2013. - № 13:59.