

На правах рукописи

**ЦЕБРОВСКАЯ
ЕКАТЕРИНА АНДРЕЕВНА**

**ВОЗМОЖНОСТИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В
ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ СТАЦИОНАРНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЯХ**

3.2.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Автореферат диссертации
на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург - 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель:

Теплов Вадим Михайлович, доктор медицинских наук, доцент.

Официальные оппоненты:

Баранова Наталья Николаевна - доктор медицинских наук, доцент, ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Центр санитарной авиации и скорой медицинской помощи ВЦМК «Защита», главный врач

Лемешкин Роман Николаевич – доктор медицинских наук, доцент, федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, кафедра организации и тактики медицинской службы, профессор.

Ведущая организация: государственное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи имени И.И. Джанелидзе» Комитета по здравоохранению Правительства Санкт-Петербурга

Защита диссертации состоится «31» октября 2023 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета 04.1.001.01 на базе ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова» МЧС России (194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 4/2).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова» МЧС России по адресу: Россия, 197345, Санкт-Петербург, ул. Оптиков, д. 54 и на сайте <https://nrcserm.ru>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат медицинских наук, доцент

Санников Максим Валерьевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Последние годы проблема готовности медицинских организаций к работе при различных чрезвычайных ситуациях (ЧС) приобретает всё большее значение. Эпидемии, катастрофы, военные операции вынуждают учреждения работать в совершенно новых условиях, что требует предварительного расчета сил и средств, необходимых для приема существенно большего потока пациентов, в том числе с нетипичной нозологией (Алексанин С.С. и соавт., 2016; Баранова Н. Н., Барачевский Ю.Е. и соавт., 2020; Гончаров С. Ф. и соавт., 2020, 2021; Лемешкин Р.Н. и соавт., 2021). Первым структурным подразделением стационарного периода, которое должно быть готово к решению таких задач, является отделение, осуществляющее прием пациентов. В нашей стране в последнее десятилетие происходит постепенная замена приемных отделений крупных многопрофильных стационаров, оказывающий медицинскую помощь в экстренной форме, на стационарные отделения скорой медицинской помощи (далее – СтОСМП), чья деятельность регламентируется приказом Минздрава России от 20 июня 2013 г. № 388н «Об утверждении Порядка оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи». Эти отделения являются аналогом зарубежных отделений экстренной медицины, которые доказали свою эффективность в различных условиях (Zhu N., Zhang D. et al., 2020; Dan Lantsman C., Varash Y., Klang E. et al., 2022; Joseph J., Leventhal E. et al., 2022). В то же время одной из ведущих проблем таких структурных подразделений является их перегруженность даже в режиме повседневной деятельности, что также требует осуществлять планирование логистики передвижения больных внутри отделения, рациональное использование коечного фонда и диагностических служб еще на этапе строительного проекта. В условиях ЧС нагрузка на стационарный период оказания скорой специализированной медицинской помощи может существенно возрастать,

что также повышает значимость СтОСМП (Багненко С.Ф., Теплов В.М. и соавт., 2020). Предварительный научно обоснованный расчет сил и средств для таких событий позволит заблаговременно спрогнозировать особенности маршрутизации пострадавших, объем и сроки оказываемой медицинской помощи, что, в конечном итоге, приведет к улучшению результатов лечения.

В период ЧС биолого-социального характера – пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 – в нашей стране большое число медицинских организаций было перепрофилировано для лечения пациентов данного профиля (Багненко С.Ф. и соавт. 2020, 2021; Бояринцев В.В. и соавт., 2020, 2021). Эта ситуация также продемонстрировала актуальность планирования работы СтОСМП в новых условиях (Багненко С.Ф., Теплов В.М. и соавт., 2021; Беляков Н. А. и соавт., 2020 г.).

Для проектирования работы медицинской организации и решения логистических задач в последние годы в мире активно применяется имитационное моделирование (Lynch C. et al., 2014; Sorokin D. et al., 2017; Lu X. et al., 2020). Многочисленные публикации свидетельствуют о целесообразности выполнения виртуальных экспериментов для планирования работы, в том числе при ЧС (Maskay M. et al., 2013; Wang L. et al., 2020). Преимуществом данного метода планирования является возможность решения сложных математических задач, возникающая при анализе системы массового обслуживания. В этом случае создается имитационная модель реального объекта в виртуальной среде, а цифровая платформа позволяет прорабатывать бизнес-процесс, проводить эксперименты, оптимизировать и прогнозировать работу в будущем. Методика позволяет оценивать функционирование медицинской организации целиком или отдельных ее частей в повседневной жизни, а также прогнозировать деятельность при возникновении ЧС, что является крайне актуальной проблемой (Алексанин С.С., Евдокимов В.И., Рыбников В.Ю. и соавт., 2019; Гончаров С.Ф. с соавт., 2021; Лемешкин Р.Н. и соавт. 2022).

Степень разработанности темы исследования. Несмотря на увеличение числа новых СтОСМП в настоящее время в нашей стране, а также регулярное возникновение в последние несколько лет событий, которые могут быть отнесены к ЧС биолого-социального и техногенного характера, информация о работе таких структурных подразделений в экстремальных условиях носит разрозненный и несистематизированный характер (Багненко С.Ф. и соавт., 2018; Мирошниченко А.Г. и соавт., 2019). В ряде случаев отделения открываются в уже построенных корпусах, на площадях, которые не пригодны для их полноценного функционирования, а у персонала нет четкого понимания о своих действиях при массовом поступлении больных и пострадавших (Теплов В.М. и соавт., 2022). Пандемия новой коронавирусной инфекции лишь подчеркнула данную проблему, что проявилось многочасовыми очередями из автомобилей скорой медицинской помощи возле приемных отделений стационаров (Беляков Н.А., Алексанин С.С., Багненко С.Ф. и соавт., 2020). Одновременно с этим, несмотря на эффективность применения имитационного для планирования работы медицинских организаций, в Российской Федерации эта тема широко не раскрыта и нуждается в научно-практической разработке, особенно в области организации оказания скорой специализированной медицинской помощи, как в режиме повседневной деятельности, так и при ЧС различного характера.

Цель исследования: обосновать возможность применения имитационного моделирования для планирования деятельности стационарного отделения скорой медицинской помощи в повседневных условиях и при ЧС биолого-социального и техногенного характера.

Задачи исследования:

1. С помощью имитационного моделирования определить необходимые изменения в работе стационарного отделения скорой медицинской помощи, требуемые для его эффективного функционирования

при перепрофилировании в приемное отделение инфекционного стационара, в условиях ЧС биолого-социального характера.

2. Выявить и обосновать условия, необходимые для продолжения оказания медицинской помощи в экстренной и неотложной формах в стационарном отделении скорой медицинской помощи многопрофильного стационара при пандемии новой коронавирусной инфекции.

3. Изучить преимущество стационарного отделения скорой медицинской помощи в сравнении с приемным отделением многопрофильного стационара в условиях массового поступления пострадавших при террористическом акте.

4. Используя имитационное моделирование изучить изменение нагрузки на медицинскую организацию, оказывающую медицинскую помощь в стационарных условиях, при массовом поступлении пострадавших с механическими повреждениями при ЧС техногенного характера.

Научная новизна результатов и теоретическая значимость.

Впервые изучена возможность применения имитационного моделирования для планирования работы СтОСМП в повседневных условиях и ЧС, включая работу такого отделения в ЧС биолого-социального характера при различных вариантах функционирования медицинской организации, а также при ЧС техногенного характера. В ходе исследования на основании прогнозируемых и реальных данных были созданы и изучены имитационные модели СтОСМП различных многопрофильных медицинских организаций. Впервые для объективизации компьютерной модели были использованы данные реестров выставленных счетов пролеченных больных, что обеспечило персонифицирование маршрутизации пациентов в процессе моделирования. Разработка и обоснование основных положений диссертационного исследования позволили доказать возможность применения расчетных данных имитационных моделей для определения сил и средств, необходимых для обеспечения приёма пациентов в условиях

массового поступления в СтОСМП при ЧС биолого-социального и техногенного характера. Продемонстрирована эффективность применения компьютерных сред процессного моделирования для планирования работы СтОСМП в повседневных условиях и различных ЧС.

Практическая значимость исследования.

В ходе исследования обоснована эффективность метода имитационного моделирования при проведении организационных экспериментов для расчета штатного расписания и коечного фонда на случай массового поступления больных и пострадавших. Кроме этого, доказана необходимость формирования в структуре СтОСМП резервных площадей, которые могут быть востребованы под развертывание обсервационных коек в условиях пандемии или для создания приемно-сортировочной площадки в условиях ЧС, что целесообразно учитывать на этапе проектирования.

Методология и методы исследования.

Объект, предметы, единицы исследования, этапы его организации, методы сбора и обработки первичных данных, интерпретация результатов и основные направления их практической реализации, а также формулирование выводов были определены исходя из поставленной цели и задач диссертационного исследования.

Объектом исследования были выбраны СтОСМП различных медицинских организаций. Предметом исследования был процесс медицинской сортировки, маршрутизации и оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи в условиях ЧС биолого-социального и техногенного характера. Единицами наблюдения при анализе маршрутизации пациентов и оказания им помощи в условиях СтОСМП стали «Карта исходных данных», «Карты пациента», «Карты сценариев», разработанные на основании выгрузки из медицинских информационных систем (электронных журналов). При изучении работы врачей СтОСМП стационара единицей наблюдения являлись «Карты концептуальной

модели», «Карты Тайм-менеджмента», «Карта данных реестра выставленных счетов», после запуска первоначальной модели проводилась оценка ее адекватности с помощью «Карты тестирования модели».

Исследование выполнено в течение 2017-2022 гг. на базе ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова г. Санкт-Петербург, ГУЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи №25» г. Волгоград и ГБУЗ «Городская Мариинская больница» г. Санкт-Петербург.

Комплексная методика исследования включала разнообразные методы анализа: историко-аналитический и контент-анализ, статистический, организационного эксперимента. Для последнего использовалось имитационное моделирование. Большинство эмпирических данных собраны с использованием сплошного метода наблюдения, в меньшей части – выборочного. Общее количество изученных единиц наблюдения – 32542.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Имитационное моделирование работы стационарного отделения скорой медицинской помощи, включающее разработку модели, оценку ее адекватности и имитационный эксперимент, доказывает его эффективность и предусматривает обязательную трансформацию коечного фонда и штатного расписания для организации работы отделения в условиях ЧС биолого-социального характера.

2. Организация работы стационарного отделения скорой медицинской помощи при массовом поступлении пострадавших при террористическом акте и ЧС техногенного характера на основе имитационного моделирования определяет необходимость на этапе проектного решения выделить сортировочной площадки, отвечающей специальным требованиям по площади, оснащению, месту развертывания, маршрутизации пострадавших.

Апробация работы и внедрение.

Результаты исследования были доложены на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Скорая медицинская помощь – 2018», Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Скорая медицинская помощь – 2019», Научно-практической конференции с международным участием «Медицина катастроф — 2022» и на XVII Республиканской научно-практической конференции «Актуальные проблемы организации экстренной медицинской помощи «ИННОВАЦИИ В ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНЕ» в Республике Узбекистан, г. Наманган в 2022 г.

Внедрение результатов.

Результаты апробированы и внедрены при планировании и последующем строительстве СтОСМП ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава России, а также во время перепрофилирования клиники Университета под приём пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19. Также в период пандемии полученные данные использовались при планировании деятельности ГУЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи №25» г. Волгограда. Произведенные расчеты были применены для оптимизации деятельности ГБУЗ «Городская Мариинская больница» г. Санкт-Петербурга. Результаты проведённых виртуальных экспериментов легли в основу второго издания методических рекомендаций «Организация стационарного отделения скорой медицинской помощи», изданных под редакцией академика РАН С.Ф. Багненко в 2018 г. Также они используются в учебных программах кафедры скорой медицинской помощи и хирургии повреждений ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава России при подготовке студентов 5-6 курса и ординаторов по специальности «скорая медицинская помощь».

По теме диссертации опубликовано 18 научные работы, в том числе 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК

Минобрнауки России по специальности «Безопасность в чрезвычайных ситуациях».

Личное участие автора в получении результатов:

Автор предложил идею применения имитационного моделирования работы стационарного периода оказания скорой специализированной медицинской помощи медицинских организаций разной пропускной способности для оценки и планирования их функционирования при ЧС биолого-социального и техногенного характера. Автором осуществлялись планирование диссертационного исследования, формирование рабочих гипотез, обобщение и анализ результатов исследования. Доля участия автора в сборе первичного материала и обработке информации, наборе фактического материала, подготовке его к статистической обработке — более 95%, в обобщении материала — 100%.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Научные положения соответствуют паспорту специальности 3.2.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях по пунктам 1, 2, 4, 5.

Структура и объем работы: Диссертация состоит из введения, 4 глав, отражающих результаты собственных наблюдений, заключения, выводов, практических рекомендаций, приложений, списка литературы, включающего 192 источника, из них 98 источников отечественной литературы и 94 – зарубежной. Она изложена на 142 страницах машинописного текста, содержит 6 таблиц, 7 приложений, иллюстрирована 24 рисунками.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе диссертации проведен обзор истории развития имитационного моделирования и основных программ, которые используются для построения моделей. Рассмотрен мировой опыт применения имитационного моделирования в здравоохранении. Описана роль стационарного отделения скорой медицинской помощи в оказании

специализированной медицинской помощи в повседневной деятельности и при возникновении ЧС различного характера. Обозначено влияние ЧС на стационарный период оказания скорой специализированной медицинской помощи.

Во второй главе диссертации представлена программа исследования, описаны материалы и методы собственного исследования для решения поставленных задач. Подробно изложен процесс создания имитационных моделей. Базами для выполнения настоящего исследования стали стационарные отделения скорой медицинской помощи медицинских учреждений: ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава России, ГУЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи №25» г. Волгограда и ГБУЗ «Городская Мариинская больница» г. Санкт-Петербурга. Первичный материал изучался на основании ретроспективных данных деятельности медицинских организаций согласно разработанному плану исследования (Табл.1).

Таблица 1. Программа исследования

1 этап - изучение литературных источников по имитационному моделированию, нормативно-правовых актов по медицине ЧС, организации работы СтОСМП в повседневной деятельности, в условия биолого-социальных ЧС на примере пандемии COVID-19 и в условиях массового поступления при техногенных ЧС - 192 источника		
2 этап – формулировка проблемы и определение целей имитационного исследования, формализация имитационной модели, разработка концептуальной модели, выбор средств автоматизации моделирования, алгоритмизация.		
Базы исследования	СтОСМП ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова, СтОСМП ГУЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи №25» г. Волгоград, СтОСМП СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница» г. Санкт-Петербург	Количество единиц наблюдения
Разработанные и использованные учетные документы	Медицинская карта стационарного больного ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова 2016-2022 гг.	21846
	Сведения о медицинской	1

	организации (форма N 30 (годовая)) и Сведения о деятельности подразделений медицинской организации, оказывающих медицинскую помощь в стационарных условиях (Форма N 14 (годовая)) СтОСМП ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова 2020, 2021 гг.	
	Отчёт и электронный журнал СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница» г. Санкт-Петербург за события 3 апреля 2017	1
	Отчёт по работе ГУЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи №25» г. Волгоград в период пандемии 2019-2021 гг.	1
	Отчёт по работе ГУЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи №25» г. Волгоград по работе 2015-2018 гг.	1
	Карта исходных данных	5000
	Карты пациента	5000
	Карты сценариев	8
	Карты концептуальной модели	3
	Карта тайм-менеджмента	250
	Карты тестирования модели	240
	Карта данных реестра выставленных счетов	1
3 этап - Программирование имитационной модели, проведение верификация модели, оценка адекватности, исследование свойств имитационной модели и другие процедуры комплексного тестирования разработанной модели, планирование и проведение организационного эксперимента		
Анализ отчетных данных	Медицинская карта стационарного больного ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова 2016-2022 гг.; Отчёт и электронный журнал СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница» г. Санкт-Петербург за события 3 апреля 2017; Отчёт по работе ГУЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи №25» г. Волгоград в период пандемии 2019-2021 гг. ; Отчёт по работе ГУЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи №25» г. Волгоград по работе 2015-2018 гг. Отчёт и электронный журнал СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница» г. Санкт-Петербург за события 3 апреля 2017	
Заполнение разработанных учетных документов	6 видов карт исследования, сплошной и выборочный методы наблюдения	

4 этап – анализ результатов организационных экспериментов		
Область исследования	Анализируемые документы	Методы исследования
Деятельность СтОСМП ЧС	Отчёт и электронный журнал СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница» г. Санкт-Петербург за события 3 апреля 2017, Ф-30 ков, Отчет 25 за ковид	Историко-аналитический и контент-анализ
Проектирование и моделирование работы СтОСМП ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова в повседневной деятельности и ЧС биолого-социального характера	Карта исходных данных Карты пациента Карты сценариев Карты концептуальной модели Карта Тайм-менеджмента Карты тестирования модели	Метод имитационного моделирования, организационный эксперимент, статистический анализ
Проектирование и моделирование работы СтОСМП ГУЗ «Городская клиническая больница СтОСМП №25» г. Волгоград в повседневной деятельности и ЧС биолого-социального характера	Карта исходных данных Карты пациента Карты сценариев Карты концептуальной модели Карта Тайм-менеджмента Карты тестирования модели	Метод имитационного моделирования, организационный эксперимент, статистический анализ
Проектирование и моделирование работы СтОСМП СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница» г. Санкт-Петербург в повседневной деятельности и ЧС техногенного характера и при теракте.	Карта исходных данных Карты пациента Карты сценариев Карты концептуальной модели Карта Тайм-менеджмента Карты тестирования модели	Метод имитационного моделирования, организационный эксперимент, статистический анализ
5 этап – формулировка выводов, разработка практических рекомендаций		
Общее количество единиц наблюдения		32453

Также описаны методы статистической обработки, которые применялись в исследовании.

В третьей главе изложен опыт имитационного моделирования работы стационарного отделения скорой медицинской помощи университетской клиники (СтОСМП) в условиях перепрофилирования под приём пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 и многопрофильного

стационара при оказании медицинской помощи в экстренной и неотложной форме в условиях пандемии. В первом случае был разработан новый алгоритм маршрутизации пациентов внутри отделения (рис.1), проведена оптимизация штатного расписания с учётом предполагаемой нагрузки до 150 пациентов в сутки. При этом время нахождения в отделении пациентов составляло до $135 \pm 4,6$ мин, а длительность ожидания бригады СМП до передачи пациента увеличивалась, достигнув $43 \pm 3,6$ мин, появлялись очереди уже на момент сортировки. Для устранения проблем было изменено штатное расписание до 4-х бригад врачебно-сестринского состава, трех медрегистраторов, а также сортировочной медицинской сестры.

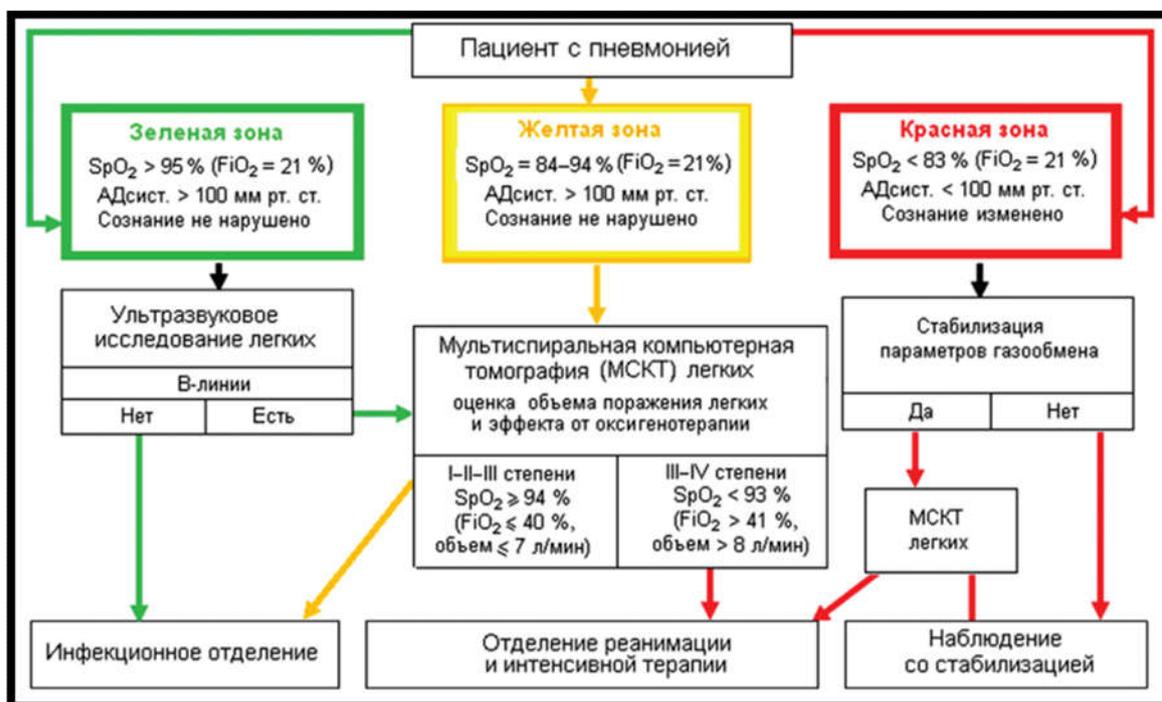


Рис 1. Алгоритм приёма пациента с подозрением на новую коронавирусную инфекцию (COVID-19).

В результате повторного запуска модели отделение приняло 164 пациента в течение суток без формирования очередей, при этом длительность нахождения машин СМП возле СтОСМП составила $5,8 \pm 0,3$ мин, время пребывания больных в отделении была около $110,6 \pm 4,6$ мин. В последующем результаты были применены на практике и проведено сравнение полученных данных, согласно которым в жизни нахождения

больных в отделении составило $115 \pm 5,8$ мин, а время ожидания бригад СМП во всех трех волнах составило $8,2 \pm 1,5$ мин, что при максимальной пиковой нагрузке 164 поступления в сутки значимо не отличалось ($p > 0,05$) от расчетных величин, полученных в эксперименте.

Во втором случае была создана аналогичная модель СтОСМП многопрофильного учреждения г. Волгограда и проведён эксперимент, направленный на оптимизацию работы отделения с учётом необходимости изоляции от 4 до 8 часов 5% от входящего потока пациентов, у которых подозревалась новая коронавирусная инфекция, до момента получения результатов ПЦР на SARS-COV-2. В модели было сформировано 10 наблюдательных коек, а также выделен 1 врач и 1 медицинская сестра, был выполнен запуск модели, однако данного числа коек оказалось недостаточно для соблюдения всех условий, что выражалось в формировании очередей. Экспериментальным путём было определено число необходимых коек, которое было равно 20. Это позволило сформулировать рекомендации, которые в последующем были реализованы на практике. После пандемии был проведён ретроспективный анализ деятельности наблюдательных коек в период с мая по ноябрь 2020г. За этот период через наблюдательные койки прошли 805 пациентов, что составило 5,3% от общего числа поступивших. Выделенных 20-ти коек наблюдения оказалось достаточно для продолжения работы стационара в штатном режиме.

В четвёртой главе продемонстрировано имитационное моделирование стационарного отделения скорой медицинской помощи СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больницы» в режиме повседневной деятельности и при условиях массового поступления пострадавших при теракте и ЧС техногенного характера. Аналогично другим моделям изначально была создана адекватная модель реального отделения (Рис. 2). Однако в данном случае перед проведением экспериментов выявилась необходимость добавления 1 каталки, 1 санитаря и 1 медсестры в виду высокой нагрузки,

которая составила 93,2% от рабочего времени для младшего медицинского персонала, и 88,7% для среднего медицинского персонала.

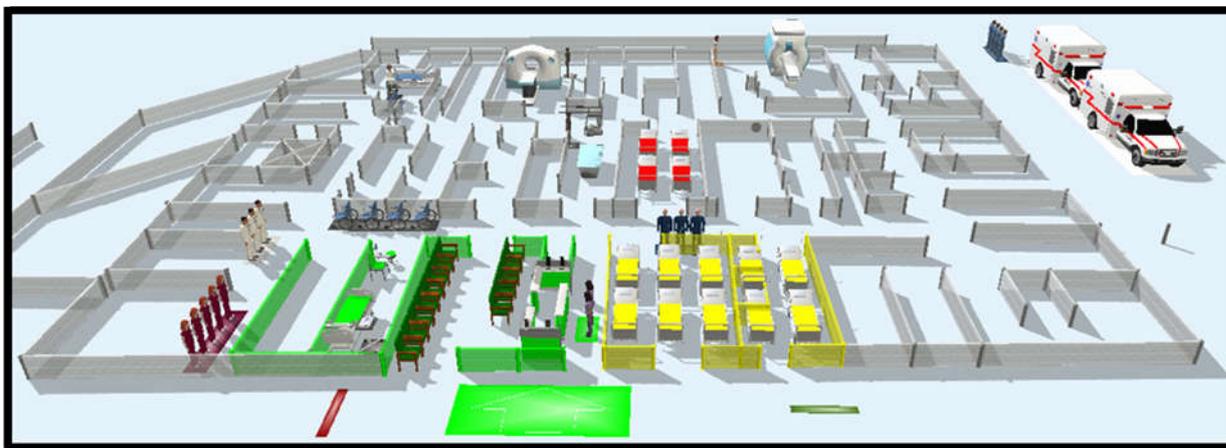


Рис 2. СтОСМП СПб ГБУЗ Городской Мариинской больницы

В результате отмечено более равномерное распределение нагрузки и уменьшение занятости медицинских сестер до 80,3%, а санитаров до 83,9%.

После оптимизации работы модели проведён эксперимент с массовым поступлением пациентов на основе ретроспективных данных об оказании медицинской помощи при теракте 3 апреля 2017г. В течение 2 часов модельного времени организационного эксперимента СтОСМП приняло 14 пациентов, при этом длительность нахождения пациентов внутри составила $107,4 \pm 5,2$ мин (против 148 ± 3 мин согласно данным 2017г.), что достоверно меньше ($p < 0,05$), чем в данных ретроспективного отчёта о работе приёмного отделения, что продемонстрировало более эффективную работу СтОСМП в условиях массового поступления пациентов.

Следующим имитационным экспериментом стало моделирование работы СтОСМП при массовом поступлении пострадавших при техногенном ЧС. Для определения возможной нагрузки на отделение был проведён ретроспективный анализ ЧС техногенного характера в субъектах РФ путём анкетирования главных внештатных специалистов в 45 регионах РФ в период с 2017 г. по 2022 г., которые отображали общее количество пострадавших с механическими травмами, причину ЧС, способ поступления в стационар, а также стационары, участвовавшие в оказании скорой медицинской помощи с

разделением их по уровням. Среднее значение составляло 24 ± 2 человека, максимальное число достигало 137. Основная нагрузка на стационар приходилась на 1 час с момента возникновения ЧС (Рис.3).

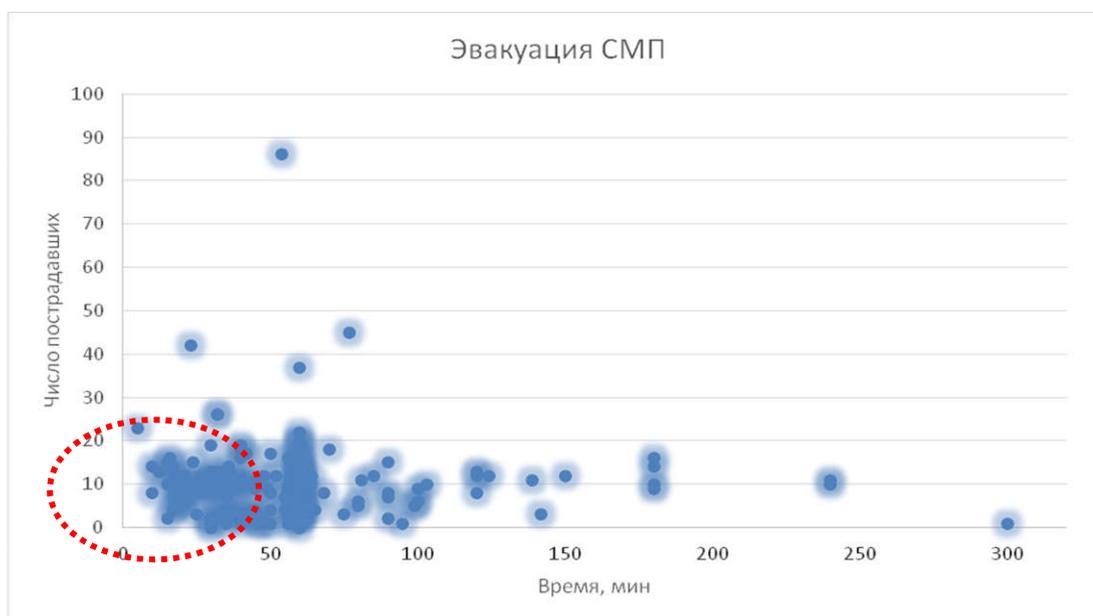


Рис 3. Анализ эвакуации пострадавших при ЧС.

Исходя из этого, было взято среднее значение поступлений – 24 пациента в течение 1 часа модельного времени. После установки пороговых значений был проведён эксперимент. В результате нагрузка на врачей увеличилась с 88,7% до 92,8%, на медицинских сестёр с 80,3% до 87,5%, а на младший медицинский персонал увеличилась с 83,9% до 89,9%. Также отмечено увеличение общей нагрузки на палату динамического наблюдения до 99,3%, что свидетельствовало об избыточной загруженности данной рабочей зоны. Время нахождения пациентов внутри отделения также увеличилось до $145,6 \pm 4,8$ мин, что достоверно больше ($p < 0,05$), чем при поступлении 14 человек. Для устранения выявленных проблем виртуально на пандусе была развернута сортировочная площадка на 6 мест, в результате чего произошло уменьшение загруженности персонала: врачей до 89,2%, медицинских сестер до 81,3%, младшего медицинского персонала до 84,2%. Также достоверно ($p < 0,05$) сократилось время пребывания пациентов в

отделении до $123,2 \pm 3,9$ мин. Подобная расстановка дополнительных коек была возможна только в модели, так как в жизни пандус не обладает достаточной площадью и не приспособлен для данных целей, особенно в осенне-зимний период.

ВЫВОДЫ

1. Изменение штатного расписания за счет формирования врачебно-сестринских бригад и выделения медицинской сестры для осуществления медицинской сортировки при перепрофилировании стационарного отделения скорой медицинской помощи в приемное отделение инфекционного стационара в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции, позволяет минимизировать время ожидания бригад скорой медицинской помощи до передачи пациента в медицинскую организацию ($8,2 \pm 1,5$ мин при максимальной пиковой нагрузке 164 поступления в сутки), что было подтверждено имитационным моделированием ($5,8 \pm 0,3$ мин, $p > 0,05$), при этом сроки пребывания пациентов в виртуальной модели достоверно не отличались от реальных ($110 \pm 4,6$ мин в модели и $115 \pm 5,8$ мин в реальности, $p > 0,05$)

2. Имитационное моделирование работы стационарного отделения скорой медицинской помощи в условиях оказания медицинской помощи пациентам неинфекционного профиля при ЧС биолого-социального характера с сохранением входящего потока до 150 поступлений в сутки продемонстрировало необходимость дополнительного развертывания наблюдательного отделения емкостью 20 коек для пациентов, нуждающихся в исключении новой коронавирусной инфекции с возможностью карантина до 8 часов, что при практической реализации позволило изолировать 5,3% от общего числа поступивших пациентов с подозрением на COVID-19

3. Виртуальный эксперимент, моделирующий поступление в медицинскую организацию пострадавших вследствие террористического акта, продемонстрировал значимое сокращение сроков пребывания

пациентов в стационарном отделении скорой медицинской помощи в сравнении с приемным отделением ($107,4 \pm 5,2$ мин против 148 ± 3 мин по данным отчёта о работе приёмного отделения ($p < 0,05$))

4. Имитационный эксперимент с моделью стационарного отделения скорой медицинской помощи, направленный на изучение его функционирования в условиях ЧС техногенного характера при массовом поступлении пострадавших, среднее число которых, вычисленное на основании изучения данных, представленных 36 субъектами Российской Федерации за период 2017-2022 гг., составило 24 ± 2 человека в течение первого часа, потребовало создание в модели отделения виртуальной сортировочной площадки площадью не менее 42 м^2 , что необходимо учитывать на этапе проектного решения.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Руководителям медицинских организаций, оказывающих скорую специализированную медицинскую помощь в стационарных условиях и заведующим стационарным отделений скорой медицинской помощи – при планировании работы СтОСМП в повседневных и ЧС необходимо использовать имитационное моделирование с применением компьютерных сред процессного моделирования

2. Руководителям медицинских организаций, оказывающих скорую специализированную медицинскую помощь в стационарных условиях и заведующим стационарным отделений скорой медицинской помощи – в условиях ЧС биолого-социального характера при перепрофилировании медицинской организации в инфекционный стационар в СтОСМП необходимо формировать врачебно-сестринские бригады и организовывать медицинскую сортировку с привлечением среднего медицинского персонала.

3. Руководителям медицинских организаций, оказывающих скорую специализированную медицинскую помощь в стационарных условиях и заведующим стационарным отделений скорой медицинской помощи – в

условиях ЧС биолого-социального характера при продолжении работы стационара в прежнем режиме необходимо формировать наблюдательные койки с выделением медицинского персонала для обеспечения их круглосуточной работы

4. Руководителям медицинских организаций, оказывающих скорую специализированную медицинскую помощь в стационарных условиях и заведующим стационарными отделами скорой медицинской помощи – на этапе проектирования СтОСМП на его территории следует планировать возможность выделения дополнительных площадей для организации приёмно-сортировочной площадки на случай массового поступления пациентов при ЧС социального и техногенного характера.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Имитационное моделирование имеет огромный потенциал в здравоохранении, поскольку оно позволяет моделировать различные сценарии и экспериментировать с ними без риска для пациентов. Некоторые из перспективных направлений дальнейших исследований в данной области включают:

1. Оптимизация процессов маршрутизации пациентов: Имитационное моделирование может помочь в разработке оптимальных планов обследования пациентов, а также в оценке нагрузки на медицинские учреждения и персонал.

2. Экономическая эффективность: Имитационное моделирование может помочь в оценке экономической эффективности различных стратегий лечения и исследования экономических последствий новых технологий в здравоохранении.

3. Прогнозирование заболеваний и эпидемий: Имитационное моделирование может помочь в прогнозировании распространения заболеваний и эпидемий, а также оценке эффективности различных стратегий в борьбе с ними.

4. Разработка новых технологий: Имитационное моделирование может помочь в разработке новых технологий и инноваций в здравоохранении, таких как автоматизация процессов и использование искусственного интеллекта.

5. Обучение медицинского персонала: Имитационное моделирование может быть использовано для обучения медицинского персонала и оценки их профессиональных навыков и компетенций.

Таким образом, имитационное моделирование имеет огромный потенциал для улучшения системы здравоохранения и предоставления более эффективной и качественной медицинской помощи пациентам.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, а также международных базах данных, для опубликования основных научных результатов диссертации по специальности: 3.2.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

1. Теплов В. М., Алексанин С. С., **Цебровская Е. А.**, Лебедева А.А., Бурыкина В.В., Коломойцев В.В, Белаш В.А., Багненко С.Ф. Имитационное моделирование и практика работы стационарного отделения скорой медицинской помощи в условиях пандемии COVID-19 // Медицина катастроф. 2021. № 4. С. 37-43.

2. Теплов В. М., Алексанин С. С., **Цебровская Е. А.**, Белаш В.А., Бурыкина В.В., Багненко С.Ф. Возможности компьютерного имитационного моделирования в оптимизации работы стационарного отделения скорой медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 4. С. 40-47.

3. Теплов В. М., Алексанин С. С., **Цебровская Е. А.**, Коломойцев В.В., Бурыкина В.В., Лебедева А.А., Белаш В.А., Багненко С.Ф. Новое в профессиональных компетенциях персонала стационарного отделения скорой медицинской помощи // Медицина катастроф. 2021. № 2(114). С. 59-64.

4. **Цебровская Е.А.**, Теплов В.М., Клюковкин К.С., Прасол Д.М. Коломойцев В.В., Бурыкина В.В., Архангельский Н.Д., Ихаев А.Б., Багненко С.Ф. Касимова О.А. Роль стационарного отделения скорой медицинской помощи в условиях массового поступления пострадавших в техногенных чрезвычайных ситуациях // Медицина катастроф. 2023. №1. С. 42-45.

Статьи в научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, а также международных базах данных, для опубликования основных научных результатов диссертации по другим специальностям

5. Багненко С.Ф., Теплов В.М., **Цебровская Е.А.**, Ихаев А.Б., Москвина С.С. Организация трехуровневой системы оказания скорой, в том числе специализированной, медицинской помощи в субъектах Российской Федерации // Общественное здоровье. 2023, 3(1). С. 33–41.

6. Теплов В. М., **Цебровская Е. А.**, Карпова Е. А., Миннуллин И.П., Багненко С.Ф. Применение имитационного моделирования для оптимизации работы стационарного отделения скорой медицинской помощи // Скорая медицинская помощь. 2019. Т. 20, №2. С. 14-19.

7. Теплов В. М., **Цебровская Е.А.**, Коломойцев В. В., Карпова Е.А., Миннуллин И.П., Багненко С.Ф. Ультразвуковая диагностика в руках врача стационарного отделения скорой медицинской помощи: имитационное моделирование и практическая реализация // Казанский медицинский журнал. 2019. Т. 100, № 3. С. 483-486.

8. Теплов В. М., **Цебровская Е.А.**, Алимов Р.Р., Ихаев А.Б., Кицун С.В., Забелина И.В., Багненко С.Ф. Сравнительный анализ результатов моделирования трехуровневой системы оказания скорой медицинской помощи в субъектах Российской Федерации // Скорая медицинская помощь. 2020. Т. 21, № 4. С. 4-10.

9. Теплов В. М., **Цебровская Е.А.**, Комедев С.С., Коломойцев В.В., Карпова Е.А., Белаш В.А., Багненко С.Ф. Применение имитационного моделирования для оптимизации работы стационарного отделения скорой медицинской помощи в многопрофильном стационаре в условиях перепрофилирования медицинского учреждения на прием пациентов с новой коронавирусной инфекцией // Скорая медицинская помощь. 2020. Т. 21, № 4. С. 11-16.

10. Теплов В. М., **Цебровская Е. А.**, Карпова Е. А., Сулейманов Э.А., Ихаев А.Б., Разумный Н.В., Миннуллин И.П., Багненко С.Ф. Имитационное моделирование трехуровневой системы медицинской помощи

в экстренной форме в Чеченской Республике // Скорая медицинская помощь. 2020. Т. 21, № 2. С. 9-14.

11. **Цебровская Е.А.**, Теплов В. М., Клюковкин К. С., Прасол Д. М., Багненко С. Ф. Возможности имитационного моделирования в практике системы здравоохранения // Учёные записки Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова. 2022. Т. 29, № 3. С. 17-23.

Монографии, научные издания, руководства, учебники, методические рекомендации

12. Багненко С.Ф., Полушин Ю.С., Мирошниченко А.Г., Миннуллин И.П., Теплов В.М., Алимов Р.Р., Разумный Н.В., Афончиков В.С., Миннуллин Р.И., Комедев С.С., **Цебровская Е.А.** Организация работы стационарного отделения скорой медицинской помощи: Методические рекомендации – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Москва: ООО Издательская группа "ГЭОТАР-Медиа", 2018. С.64.

13. Теплов В.М., Карпова Е.А., Комедев С.С., **Цебровская Е.А.** Работа отделения скорой медицинской помощи и перепрофилированного многопрофильного университетского стационара для больных с COVID-19 // Эволюция пандемии COVID-19/ под ред. Белякова Н.А., Багненко С.Ф. – СПб.: Балтийский медицинский образовательный центр, 2021. С. 410.

Статьи, тезисы докладов и статей в научных журналах и сборниках материалов конференций

14. **Цебровская Е.А.**, Красильников И.А., Теплов В.М., Каробенков А. Е. Использование FlexSim Healthcare в оптимизации работы стационарного отделения скорой медицинской помощи // Имитационное моделирование. Теория и практика: VIII Всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности, Санкт-Петербург, 18–20 октября 2017 года. – Санкт-Петербург: НП "НОИМ", 2017. С. 592.

15. **Цебровская Е.А.**, Бочаров М.В. Карпова Е.А., Теплов В.М. Использование имитационного моделирования для оценки готовности стационарного отделения скорой медицинской помощи в ГО и ЧС // сборник докладов и тезисов 17-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Скорая медицинская помощь – 2018» С. 164-165

16. **Цебровская Е.А.**, Теплов В.М., Клюковкин К.С., Миннуллин И.П., Прасол Д.М., Ихаев А.Б., Багненко С.Ф., Королева М. В. Планирование работы стационарного отделения скорой медицинской помощи в условиях ЧС биолого-социального характера при помощи имитационного

моделирования // сборник докладов и тезисов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Медицина катастроф - 2022» С. 186-188.

17. **Цебровская Е.А.**, Теплов В.М., Ихаев А.Б., Клюковкин К.С., Миннуллин И.П., Багненко С.Ф. Планирование организации работы 3-х уровневой системы Ферганской области Республики Узбекистана на примере имитационной модели // Сборник докладов и тезисов Международной Конференции XVII Республиканской научно-практической конференции: Актуальные проблемы организации экстренной медицинской помощи «ИННОВАЦИИ В ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНЕ», Узбекистан, Наманган 2022 г. С.106-107.

18. Багненко С.Ф., Теплов В.М., Минуллин И.П., Мирошниченко А.Г., **Цебровская Е.А.**, Ихаев А.Б., Разумный Н.В. Концепция трехуровневой системы организации оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи в субъектах Российской Федерации // Вестник экстренной медицины, 2022, том 15, № 3-4. С.4-12.