

Научная статья

УДК 614.2

doi:10.25742/NRIPH.2022.04.013

## Имитационное моделирование, как инструмент оценки эффективности использования ресурсов медицинской организации и качества медицинской помощи в период эпидемии COVID-19

Сергей Александрович Орлов<sup>1</sup>✉, Дмитрий Александрович Лисовский<sup>2</sup>,  
Сергей Анатольевич Лившиц<sup>3</sup>, Елена Владимировна Тихонова<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н. А. Семашко» Минобрнауки России, 105064, г. Москва, Российская Федерация;

<sup>3, 4</sup>Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Ногинская центральная районная больница», г. Ногинск, Российская Федерация

<sup>1</sup>orlovsergio@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8749-8504>

<sup>2</sup>lisikux@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6660-024X>

<sup>3</sup>slmd21@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4257-9658>

<sup>4</sup>glvrachbmk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9378-5745>

**Аннотация:** Управление потоками пациентов в отделениях стационара и соблюдение этапности при оказании медицинской помощи должны носить систематизированный характер, определяющийся последовательностью выполнения стандартных операционных процедур и отработанный в экспериментальных имитационных моделях, оценивающих уровень и объем использования ресурсов медицинских организаций.

В настоящей статье рассмотрены принципы применения имитационного моделирования для оценки эффективности использования ресурсов медицинской организации и качества медицинской помощи в период эпидемии COVID-19.

Работа выполнена на базе государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Ногинская центральная районная больница» на основе ретроспективных данных о результатах госпитализации 7573 пациентов за период с апреля 2020 г. по июнь 2021 г.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, COVID-19, стандартные операционные процедуры, качество медицинской помощи.

**Для цитирования:** Орлов С. А., Лисовский Д. А., Лившиц С. А., Тихонова Е. В. Использование имитационного моделирования для оценки эффективности использования ресурсов медицинской организации и качества медицинской помощи в период эпидемии COVID-19 // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н. А. Семашко. 2022. № 4. С. 69–75. doi:10.25742/NRIPH.2022.04.013.

Original article

## Simulation modeling for assessing the efficiency of using the resources of a medical organization and the quality of medical care in the context of the COVID-19 epidemic

Sergey A. Orlov<sup>1</sup>✉, Dmitrii A. Lisovskii<sup>2</sup>, Sergey A. Livshitz<sup>3</sup>, Elena V. Tikhonova<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>N. A. Semashko National Research Institute of Public Health, 105064, Moscow, Russian Federation;

<sup>3, 4</sup>State Budgetary Health Institution of the Moscow oblast region «Noginsk Central District Hospital», Noginsk, Russia

<sup>1</sup>orlovsergio@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8749-8504>

<sup>2</sup>lisikux@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6660-024X>

<sup>3</sup>slmd21@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4257-9658>

<sup>4</sup>glvrachbmk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9378-5745>

**Annotation:** Patient flow management in hospital departments and observance of stages in the provision of medical care should be systematized, determined by the sequence of implementation of standard operating procedures and worked out in experimental simulation models that assess the level and volume of use of the medical organizations resources.

This article discusses the principles of using simulation modeling to assess the efficiency of using the resources of a medical organization and the quality of medical care during the COVID-19 epidemic.

The work was performed on the basis of the state budgetary health care institution «Noginsk Central District Hospital» on the basis of retrospective data on the results of hospitalization of 7573 patients over the period April 2020 to June 2021.

**Key words:** simulation, COVID-19, standard operating procedures, quality of medical care.

**For citation:** Orlov S. A., Lisovskii D. A., Livshitz S. A., Tikhonova E. V. Simulation modeling for assessing the efficiency of using the resources of a medical organization and the quality of medical care in the context of the COVID-19 epidemic. *Bulletin of Semashko National Research Institute of Public Health*. 2022;(4):69–75. (In Russ.). doi:10.25742/NRIPH.2022.04.013.

### Цель исследования

Разработать экспертную имитационную модель бизнес-процессов оказания специализированной медицинской помощи пациентам с COVID-19 в центральной районной больнице, обеспечивающую возможность прогнозирования и оценки потребления ресурсов медицинской организации, а также оценки качества медицинской помощи.

### Введение

Информационные ресурсы и технологии экспертного прогнозирования распространения инфекционных заболеваний, определяющие возможности сложившейся медицинской инфраструктуры, а также потребность в дополнительных ресурсах системы здравоохранения, показали свою востребованность в период пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19. В качестве основного аналитического инструмента, необходимого для прогнозирования развития эпидемиологического процесса, оценки возможного потока госпитализируемых пациентов и пропускной способности медицинской организации, планирования потребности в необходимых для нее ресурсах, а также обеспечения эффективного реагирования системы здравоохранения, должно использоваться моделирование [1,2]. В одном из исследований учеными из США [3] проведена систематизация ранее разработанных моделей и выделено шесть наиболее значимых инструментов, позволяющих оценивать потенциальные возможности ресурсов систем здравоохранения для адекватного ответа на возникающие глобальные биологические вызовы.

Вместе с тем, достоверность и правильность результатов расчетов и прогнозов, получаемых с использованием разработанных инструментов, также должны проверяться с применением альтернативных, но сопоставимых алгоритмов, применяемых в математических и имитационных моделях [4—6], построенных с учетом специфики реализуемых бизнес-процессов оказания медицинской помощи.

При оценке параметров вероятностных распределений в условиях недостаточного объема данных, не позволяющих проводить статистическую оценку всех параметров, имитационная модель должна быть достаточно гибкой, чтобы можно было вводить параметры вручную. Авторы исследования из Испании [7], например, рекомендуют использовать непараметрические модели для представления прогнозных данных о длительности госпитализации в больнице.

Вопросы стандартизации бизнес-процессов в медицинских организациях при организации оказания медицинской помощи населению в период эпидемии COVID-19, в том числе с применением моделирования, рассматриваются в ряде исследований [8—10], предлагающих инструменты анализа на ограниченном наборе данных [8], таких как: количество госпитализированных пациентов (всего) и результаты ежедневной работы стационара по формированию потока пациентов (выписанных из стационара, умер-

ших, переведенных в отделение интенсивной терапии). Данная модель формируется на основе цепей Маркова с оценкой вероятности перевода пациента из одного структурного подразделения стационара в другое. Упорядочение и контроль за бизнес-процессами предлагается осуществлять, используя также организационно-клиническую модель на основе данных из электронной медицинской карты [9], а также валидизированных когорт пациентов [10] с прогнозированием траектории развития заболевания в каждой из них.

Планирование и распределение ресурсов медицинской организации [11;12], совершенствование механизмов маршрутизации внутри стационара при организации оказания медицинской помощи [13], определение последовательности, времени и частоты проведения лечебных и диагностических манипуляций на всех этапах пребывания пациента может осуществляться путем построения стохастических имитационных моделей бизнес-процессов.

### Материалы и методы

По данным госпитализаций 7573 пациентов ГБУЗ МО «Ногинская ЦРБ» за период с апреля 2020 г. по июнь 2021 г. разработана модель бизнес-процессов, включающих стандартные операционные процедуры оказания специализированной медицинской помощи пациентам с COVID-19 (далее — модель бизнес-процессов). Затем данная модель описана в нотации BPMN 2.0, протестирована и откалибрована с проверкой надежности на достаточном количестве симуляционных итераций с учетом наиболее вероятных значений распределения случайной величины (дискретных и непрерывных), характеризующей время выполнения каждой операционной процедуры, с использованием программного продукта Bizagi Process Modeler (версия 3.9.0.015)), и переведена в разряд имитационной модели.

### Результаты

Разработанная модель бизнес-процессов (рисунок 1) представлена основными (приемное отделение; отделение госпитализации; анестезиолого-реанимационное отделение) и вспомогательными (рентгенологическое отделение, отделение клинико-лабораторной диагностики и диагностические отделения) подразделениями стационара, связанными единой организационно-функциональной структурой и демонстрирующей процесс маршрутизации и оказания медицинской помощи пациенту с COVID-19.

Для основных и вспомогательных подразделений были описаны характерные для них бизнес-процессы, разработана методика оценки результатов деятельности в отношении показателей длительности проведения технологических процедур.

Основными бизнес-процессами (БП) являлись следующие:

— бизнес-процессы в приемном отделении (БП № 1);

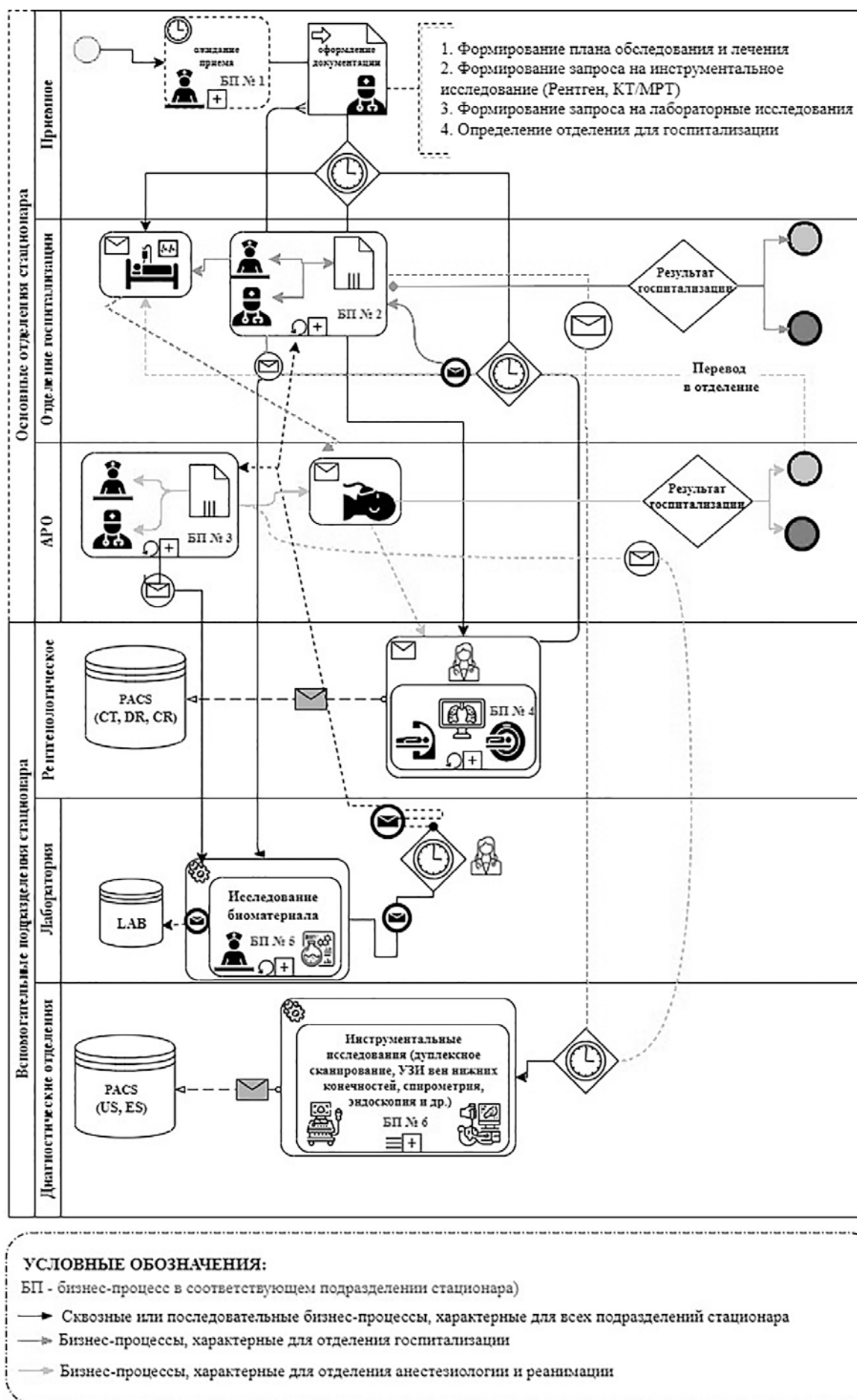


Рис. 1. Модель бизнес-процессов оказания специализированной медицинской помощи пациентам с COVID-19.

- бизнес-процессы в отделении госпитализации (БП № 2);
- бизнес-процессы в отделении анестезиологии и реанимации (БП № 3);
- бизнес-процессы в рентгенологическом отделении (БП № 4);
- бизнес-процессы в отделении КЛД (лаборатория) (БП № 5);
- бизнес-процессы в диагностическом отделении (БП № 6).

Использование модели бизнес-процессов, включающих стандартные операционные процедуры оказания специализированной медицинской помощи пациентам с COVID-19, в ГБУЗ МО «Ногинская ЦРБ» способствовало упорядочению процесса оценки выполнения следующих стандартных операционных процедур (по функциональным задачам медицинских работников) и их соотношению с процедурами, регламентированными соответствующими подпунктами пункта 2.2. приказа Министерства здравоохранения Российской Федерации от 10 мая 2017 г. № 203н «Об утверждении критериев оценки качества медицинской помощи»:

1. **Медицинская сестра приемного отделения (Медицинская сестра отделения госпитализации; Медицинская сестра анестезиолого-реанимационного отделения (АРО); Рентгенолаборант; Лаборант клиничко-лабораторной диагностики (КЛД); Медицинская сестра отделения инструментальной диагностики (ИД))** → заполнение медицинской карты стационарного больного, сведений о пациенте; внесение записей в медицинскую карту стационарного больного (после выполнения медицинских манипуляций). Выполнение процедур регламентируется подпунктом «а».
2. **Врач приемного отделения** → сбор анамнеза, внесение данных физикального обследования в медицинскую карту. Выполнение процедур регламентируется подпунктами «а», «б», «в», «г».
3. **Врач отделения госпитализации** → определение степени тяжести течения заболевания, назначение лекарственной терапии, направление на инструментально-диагностические и лабораторные исследования, решение о переводе в отделение АРО, корректировка лекарственной терапии. Выполнение процедур регламентируется подпунктами «а», «д», «е», «ж», «з», «и», «к», «л», «м», «н», «о», «с».
4. **Врач АРО** → определение степени тяжести течения заболевания, интубация и подключение к аппарату ИВЛ, назначение лекарственной терапии, перевод в отделение госпитализации. Выполнение процедур регламентируется подпунктами «а», «д», «е», «ж», «з», «и», «к», «л», «м», «н», «о», «с».
5. **Врач-рентгенолог (Врач КЛД; Врач отделения ИД)** → расшифровка изображений (данных лабораторных/инструментальных исследований), внесение заключений в медицинскую карту стационарного больного, форми-

рование архива данных. Выполнение процедур регламентируется подпунктами «а», «и».

В оказании медицинской помощи принимали участие 72 врача, из которых только 44 врача отвечали критериям для оценки фактической загруженности. В среднем нагрузка на 1 врача в месяц составляла  $28,23 \pm 13,27$  пациентов. Средняя длительность лечения 1 пациента 1 врачом составила  $10,65 \pm 2,02$  дня.

В процессе оказания медицинской помощи использовалось диагностическое медицинское оборудование (выполнение исследований на компьютерном томографе в стационаре 10% госпитализированных<sup>1</sup>; инструментальных исследований — 10% госпитализированных<sup>2</sup>; лабораторных исследований всем госпитализированным — 7573 пациентам);

Задействованный коечный фонд на протяжении большего периода наблюдения составил 180 коек (максимальное значение — до 578 занятых коек). Фактическое использование коечного фонда в АРО составило 43,51% от возможной потенциальной мощности, среднее количество пациентов, госпитализированных на 1 койке, составило  $18 \pm 4,8$  человек. Фактическое использование коечного фонда в период разворачивания 180 коек в отделениях госпитализации составило 51,48% от возможной потенциальной мощности, среднее количество пациентов, госпитализированных на 1 койке, составило  $16,5 \pm 4,8$  человек.

За весь период наблюдения среднесуточная госпитализация составила 18 пациентов (максимальное количество госпитализированных — до 53 человек/сутки (ноябрь-декабрь 2020 г.); минимальное количество госпитализированных — не более 6 человек/сутки (июль-август 2020 г.).

Для оценки маршрутизации пациентов по структурным подразделениям данной медицинской организации были использованы следующие фактические значения вероятности распределения потоков пациентов:

- 1) «приемное отделение — отделение госпитализации» — 90%; «приемное отделение — рентгенологическое отделение» — 10%;
- 2) «отделение госпитализации — анестезиолого-реанимационное отделение» — 2%; продолжение лечения в отделении госпитализации — 98%;
- 3) «анестезиолого-реанимационное отделение — отделение госпитализации» (возврат) — 2%; выбытие пациента из анестезиолого-реанимационного отделения по причине смерти — 98%;
- 4) «отделение госпитализации — инструментально-диагностическое отделение» (направление на исследование/диагностику) — 10%; резервирование потенциально необходимых исследований — 90%;
- 5) «анестезиолого-реанимационное отделение — инструментально-диагностическое отделение» —

<sup>1</sup> Остальные пациенты поступали с результатами КТ-исследований, проведенных на амбулаторно-поликлиническом этапе или в других медицинских организациях.

<sup>2</sup> Остальные пациенты не нуждались в проведении дополнительных исследований.

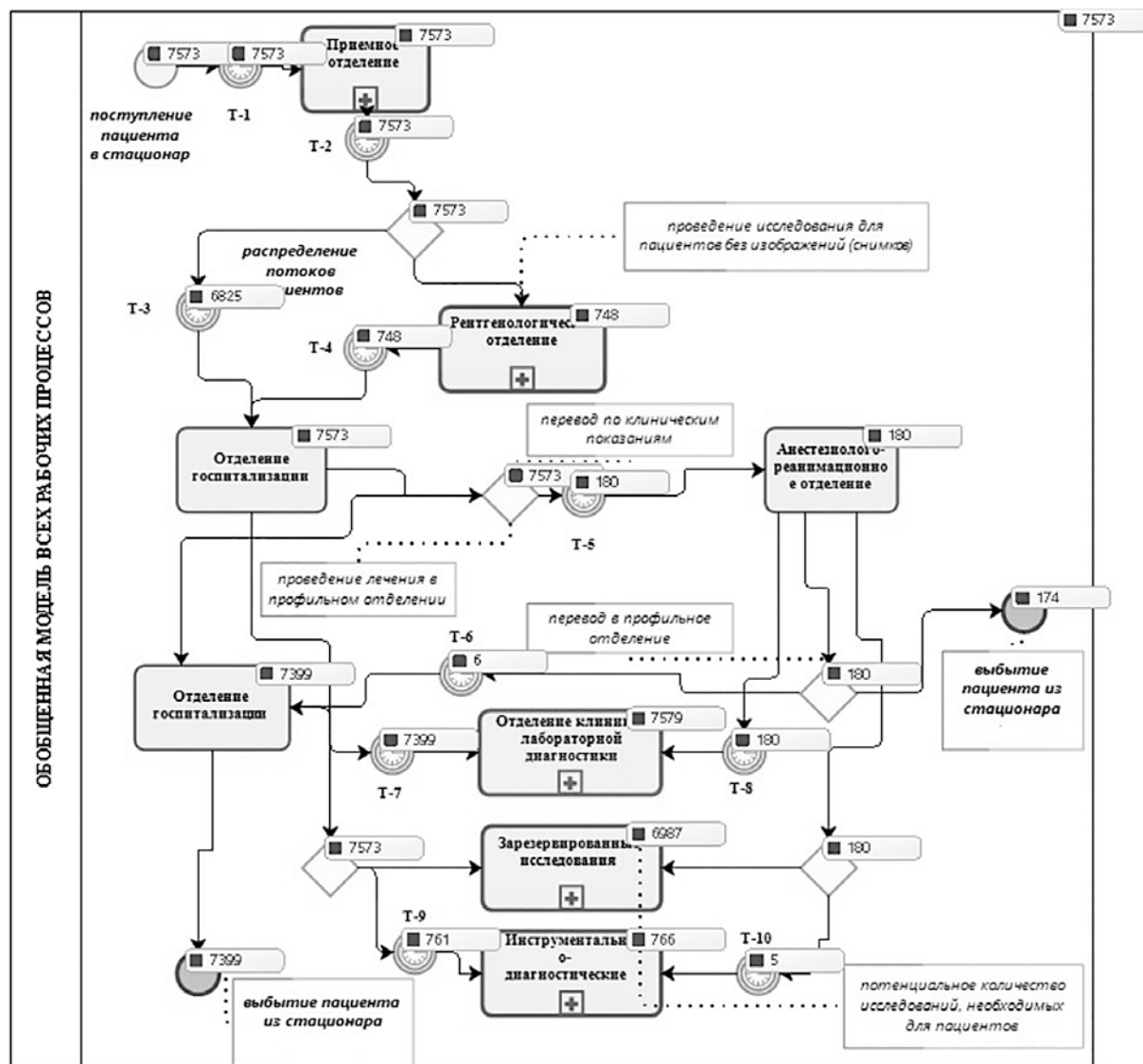


Рис. 2. Цифровой макет имитационной модели бизнес-процессов оказания специализированной медицинской помощи пациентам с COVID-19 в ГБУЗ МО «Ногинская ЦРБ» с результатами распределения потоков пациентов по соответствующим структурным подразделениям.

2%; резервирование потенциально необходимых исследований — 98%.

В результате имплементации вышеперечисленных параметров в цифровой макет имитационной

модели (рисунок 2) и проведения достаточного количества симуляционных итераций сформирован перечень основных показателей деятельности их фактических и оптимальных значений, обеспечива-

**Перечень основных показателей деятельности их фактических и оптимальных значений, обеспечивающих эффективное функционирование ГБУЗ МО «Ногинская ЦРБ» в период эпидемии COVID-19**

Наименование показателя / параметра	Условное обозначение	Единица измерения	Фактическое значение	Оптимальное значение
Интервал прибытия пациентов в стационар/сутки	$T_{пр}$	мин.	$T_{пр} \in [15;25]$	$T_{пр} \in [15;25]$
Среднее количество госпитализаций/сутки	$N_{срГ}$	чел.	18	14–15*
Среднее время на оказание медицинской помощи в приемном отделении	$T_{срПО}$	мин.	$T_{срПО} \in [32;42]$	$T_{срПО} \in [25;35]$
Среднее время пребывания в рентгенологическом отделении	$T_{срРО}$	мин.	$T_{срРО} \in [10;20]$	$T_{срРО} \in [8;18]$
Среднее время госпитализации в АРО	$T_{срАРО}$	дни	$T_{срАРО} \in [3;7]$	$T_{срАРО} \in [0; 7]$
Среднее время госпитализации в отделении госпитализации	$T_{срОГ}$	дни	$T_{срОГ} \in [3;35]$	$T_{срОГ} \in [8;19]^3$
Соотношение врачей и среднего медицинского персонала в приемном отделении	—	—	2 врача и 2 медицинские сестры	2 врача и 2 медицинские сестры
Соотношение врачей и среднего медицинского персонала в лаборатории	—	—	2 врача и 4 лаборанта	2 врача и 4 лаборанта
Соотношение врачей и среднего медицинского персонала в рентгенологическом отделении	—	—	1 врач и 1 лаборант	1 врач и 1 лаборант

\* Предельно допустимое количество суточных госпитализаций — до 17 человек, при условии, что не >1 пациента с  $N_{срГ} \in [1; 4]$ ; не >5 пациентов с  $N_{срГ} \in [5; 9]$ ; не >8 пациентов с  $N_{срГ} \in [10; 14]$ ; не >2 пациентов с  $N_{срГ} \in [15; 20]$ ; не >1 пациентов с  $N_{срГ} \in [21; 35]$ .

ющих эффективное функционирование ГБУЗ МО «Ногинская ЦРБ» в период эпидемии COVID-19 (таблица 1).

### Обсуждение

В ходе оценки ресурсных затрат ГБУЗ МО «Ногинская ЦРБ» были определены наиболее оптимальные параметры времени, необходимого для выполнения стандартных операционных процедур в бизнес-процессах, включая интервал прибытия пациентов в стационар, количество и соотношение медицинских работников (врачей и медицинских сестер), а также рассчитаны значения для среднесуточной госпитализации, в том числе дифференцированные по параметрам потенциальной средней длительности лечения пациентов.

Установлено, что существующего коечного фонда, кадрового и медико-технического потенциала ГБУЗ МО «Ногинская ЦРБ» достаточно для обеспечения эффективной работы с потоком пациентов с COVID-19, в том числе на случай ухудшения эпидемиологической ситуации и роста потребности в госпитализациях.

### Заключение

Применение технологий моделирования при планировании деятельности центральной районной больницы в условиях эпидемии COVID-19 и в ходе организации оказания специализированной медицинской помощи пациентам позволяет разрабатывать различные варианты адаптации и функционирования структурных подразделений стационара, распределения кадровых и материально-технических ресурсов, а также коечного фонда в зависимости от прогнозируемых вариантов развития эпидемиологического процесса и формирования потоков пациентов на госпитализацию.

Использование имитационных моделей при прогнозировании длительности госпитализации и нормировании времени на выполнение стандартных операционных процедур позволяет *in silico* определять ресурсные затраты на лечение пациентов, рассчитывать оптимальную потребность в койках для госпитализации, формировать режим работы врачей и лечебно-диагностического оборудования в структурных подразделениях стационара.

Разработанный цифровой макет стандартизированных рабочих процессов оказания медицинской помощи пациентам с COVID-19 может быть использован для научного обоснования при принятии управленческих решений, а также в качестве инструмента для контроля качества медицинской помощи и соблюдения регламентных процедур.

Статья выполнена по материалам диссертационного исследования Орлова Сергея Александровича на тему: «Научное обоснование системы поддержки принятия управленческих решений при работе медицинской организации в условиях биологических вызовов (на примере COVID-19)» на соискание ученой степени кандидата медицинских наук.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Pffringer, D., Breu, M., Crönlein, M., Kolisch, R., & Kanz, K. G. (2018). Closure simulation for reduction of emergency patient diversion: a discrete agent-based simulation approach to minimizing

- ambulance diversion. *European journal of medical research*, 23(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s40001-018-0330-0>.
2. Ahalt, V., Argon, N. T., Ziya, S., Strickler, J., & Mehrotra, A. (2018). Comparison of emergency department crowding scores: a discrete-event simulation approach. *Health care management science*, 21(1), 144—155. <https://doi.org/10.1007/s10729-016-9385-z>.
3. Klein, M. G., Cheng, C. J., Lii, E., Mao, K., Mesbahi, H., Zhu, T., Muckstadt, J. A., & Hupert, N. (2020). COVID-19 Models for Hospital Surge Capacity Planning: A Systematic Review. *Disaster medicine and public health preparedness*, 1—8. Advance online publication. <https://doi.org/10.1017/dmp.2020.332>.
4. Garcia-Vicuña, D., Esparza, L., & Mallor, F. (2022). Hospital preparedness during epidemics using simulation: the case of COVID-19. *Central European journal of operations research*, 30(1), 213—249. <https://doi.org/10.1007/s10100-021-00779-w>.
5. Tavakoli, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Mesbahi, R., Ghanavati-Nejad, M., & Tajally, A. (2022). Simulation of the COVID-19 patient flow and investigation of the future patient arrival using a time-series prediction model: a real-case study. *Medical & biological engineering & computing*, 60(4), 969—990. <https://doi.org/10.1007/s11517-022-02525-z>.
6. Easter, B., Housharian, N., Pati, D., & Wiler, J. L. (2019). Designing efficient emergency departments: Discrete event simulation of internal-waiting areas and split flow sorting. *The American journal of emergency medicine*, 37(12), 2186—2193. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.03.017>.
7. López-Cheda, A., Jácome, M. A., Cao, R., & De Salazar, P. M. (2021). Estimating lengths-of-stay of hospitalised COVID-19 patients using a non-parametric model: a case study in Galicia (Spain). *Epidemiology and infection*, 149, e102. <https://doi.org/10.1017/S0950268821000959>.
8. Garbey M, Joerger G, Furr S, Fikfak V. A model of workflow in the hospital during a pandemic to assist management. *PLoS One*. 2020 Nov 30;15(11):e0242183. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242183>.
9. Oliveira, D., Miranda, R., Leuschner, P., Abreu, N., Santos, M. F., Abelha, A., & Machado, J. (2021). OpenEHR modeling: improving clinical records during the COVID-19 pandemic. *Health and technology*, 11(5), 1109—1118. <https://doi.org/10.1007/s12553-021-00556-4>.
10. Michael Roimi, Rom Gutman, Jonathan Somer, Asaf Ben Arie, Ido Calman, Yaron Bar-Lavie, Udi Gelbshtein, Sigal Liverant-Taub, Arnona Ziv, Danny Eytan, Malka Gorfine, Uri Shalit, Development and validation of a machine learning model predicting illness trajectory and hospital utilization of COVID-19 patients: A nationwide study, *Journal of the American Medical Informatics Association*, Volume 28, Issue 6, June 2021, Pages 1188—1196, <https://doi.org/10.1093/jamia/ocab005>.
11. Cudney, E.A., Baru, R.A., Guardiola, I., Materla, T., Cahill, W., Phillips, R., Mutter, B., Warner, D. and Masek, C. (2019), «A decision support simulation model for bed management in healthcare», *International Journal of Health Care Quality Assurance*, Vol. 32 No. 2, pp. 499—515. <https://doi.org/10.1108/IJHCQA-10-2017-0186>.
12. Багненко С. Ф., Полушин Ю. С., Шлык И. В., Теплов В. М., Карпова Е. А., Гаврилова Е. Г., Афанасьев А. А., Бовкун И. В., Малинина Д. А., Калмансон Л. М., Хряпа А. А., Скворцова Р. Д., Коробенков Е. А. Опыт работы ПСПБГМУ им. И. П. Павлова по оказанию помощи больным с новой коронавирусной инфекцией: первые итоги и уроки. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2021;18(2):7—16.
13. Карпов О. Э., Орлова О. А., Гусаров В. Г., Пивкина А. И., Таболян Я. С., Силаева Н. А. Организация оказания медицинской помощи в федеральном многопрофильном медицинском учреждении в условиях пандемии. *Вестник Росздравнадзора*. 2020;(4):67—75.

### REFERENCES

1. Pffringer, D., Breu, M., Crönlein, M., Kolisch, R., & Kanz, K. G. (2018). Closure simulation for reduction of emergency patient diversion: a discrete agent-based simulation approach to minimizing ambulance diversion. *European journal of medical research*, 23(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s40001-018-0330-0>.
2. Ahalt, V., Argon, N. T., Ziya, S., Strickler, J., & Mehrotra, A. (2018). Comparison of emergency department crowding scores: a discrete-event simulation approach. *Health care management science*, 21(1), 144—155. <https://doi.org/10.1007/s10729-016-9385-z>.
3. Klein, M. G., Cheng, C. J., Lii, E., Mao, K., Mesbahi, H., Zhu, T., Muckstadt, J. A., & Hupert, N. (2020). COVID-19 Models for Hospital

- Surge Capacity Planning: A Systematic Review. *Disaster medicine and public health preparedness*, 1—8. Advance online publication. <https://doi.org/10.1017/dmp.2020.332>.
4. Garcia-Vicuña, D., Esparza, L., & Mallor, F. (2022). Hospital preparedness during epidemics using simulation: the case of COVID-19. *Central European journal of operations research*, 30(1), 213—249. <https://doi.org/10.1007/s10100-021-00779-w>.
  5. Tavakoli, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Mesbahi, R., Ghanavati-Nejad, M., & Tajally, A. (2022). Simulation of the COVID-19 patient flow and investigation of the future patient arrival using a time-series prediction model: a real-case study. *Medical & biological engineering & computing*, 60(4), 969—990. <https://doi.org/10.1007/s11517-022-02525-z>.
  6. Easter, B., Houshiarian, N., Pati, D., & Wiler, J. L. (2019). Designing efficient emergency departments: Discrete event simulation of internal-waiting areas and split flow sorting. *The American journal of emergency medicine*, 37(12), 2186—2193. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.03.017>.
  7. López-Cheda, A., Jácome, M. A., Cao, R., & De Salazar, P. M. (2021). Estimating lengths-of-stay of hospitalised COVID-19 patients using a non-parametric model: a case study in Galicia (Spain). *Epidemiology and infection*, 149, e102. <https://doi.org/10.1017/S0950268821000959>.
  8. Garbey M, Joerger G, Furr S, Fikfak V. A model of workflow in the hospital during a pandemic to assist management. *PLoS One*. 2020 Nov 30;15(11):e0242183. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242183>.
  9. Oliveira, D., Miranda, R., Leuschner, P., Abreu, N., Santos, M. F., Abelha, A., & Machado, J. (2021). OpenEHR modeling: improving clinical records during the COVID-19 pandemic. *Health and technology*, 11(5), 1109—1118. <https://doi.org/10.1007/s12553-021-00556-4>.
  10. Michael Roimi, Rom Gutman, Jonathan Somer, Asaf Ben Arie, Ido Calman, Yaron Bar-Lavie, Udi Gelbshtein, Sigal Liverant-Taub, Arnona Ziv, Danny Eytan, Malka Gorfine, Uri Shalit, Development and validation of a machine learning model predicting illness trajectory and hospital utilization of COVID-19 patients: A nationwide study, *Journal of the American Medical Informatics Association*, Volume 28, Issue 6, June 2021, Pages 1188—1196, <https://doi.org/10.1093/jamia/ocab005>.
  11. Cudney, E.A., Baru, R.A., Guardiola, I., Materla, T., Cahill, W., Phillips, R., Mutter, B., Warner, D. and Masek, C. (2019), «A decision support simulation model for bed management in healthcare», *International Journal of Health Care Quality Assurance*, Vol. 32 No. 2, pp. 499—515. <https://doi.org/10.1108/IJHCQA-10-2017-0186>.
  12. Bagnenko S. F., Polushin Yu. S., Shlyk I. V., Teplov V. M., Karpova E. A., Gavrilova E. G., Afanasyev A. A., Bovkun I. V., Malinina D. A., Kalmanson L. M., Khryapa A. A., Skvortsova R. D., Korobnikov E. A. The Pavlov University experience in medical assistance for patients with the novel coronavirus infection: first results and lessons. *Bulletin of anesthesiology and resuscitation. [Vestnik anesteziologii i reanimatologii]*. 2021;18(2):7—16.
  13. Karpov O. E., Orlova O. A., Gusarov V. G., Pivkina A. I., Gaboyan Ya. S., Silaeva N. A. Medical care management in a federal multidisciplinary medical clinic in a pandemic. *Bulletin of Roszdraznavor. [Vestnik Roszdraznavora]*. 2020;(4):67—75.

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.06.2022; одобрена после рецензирования 03.08.2022; принята к публикации 01.09.2022. The article was submitted 30.06.2022; approved after reviewing 03.08.2022; accepted for publication 01.09.2022.