

Имитационное моделирование как средство поддержки принятия решений при реорганизации приемно-диагностического отделения многопрофильного стационара

В.А. Молодов*, **А.И. Максимов**, **И.В. Киселевская-Бабинина**, **В.Я. Киселевская-Бабинина**, **Н.А. Карасёв**, **И.А. Тыров**

Лаборатория автоматизированной системы управления лечебно-диагностическим процессом
ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»
Российская Федерация, 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3

* Контактная информация: Молодов Валентин Альбертович, заведующий лабораторией автоматизированной системы управления лечебно-диагностическим процессом ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ». E-mail: MolodovVA@sklif.mos.ru

РЕЗЮМЕ

Неуклонно возрастающий поток пациентов и постоянное повышение требований к качеству медицинского обслуживания все чаще приводят к необходимости реорганизации работы различных отделений медицинских стационаров. Однако такие действия являются весьма затратными и далеко не всегда дают желаемый результат. Одним из эффективных методов предварительного планирования, а также прогнозирования результатов предполагаемых преобразований является метод имитационного моделирования лечебно-диагностических процессов на основе специально созданной модели. В данной статье описываются как исходные данные по функционированию приемно-диагностического отделения (ПДО) НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, послужившие одним из оснований для его реорганизации, так и создание имитационной модели ПДО, реконструированного на принципах пациент-ориентированного подхода. Подробно рассматриваются все этапы построения созданной модели, обосновывается ее структура и заложенные в нее качественные и количественные параметры. Приводятся временные и численные результаты моделирования прохождения пациентов через ПДО, а также влияние изменений параметров модели на пропускную способность ПДО. Таким образом, на конкретных примерах показывается, как могут быть выявлены проблемные места существующего лечебно-диагностического процесса и варианты его оптимизации и модернизации. Кроме того, выдвигаются предложения по дальнейшему совершенствованию созданной модели и вариантам ее использования, например, для исследования различных нештатных и чрезвычайных ситуаций, массовых поступлений и т.п.

Ключевые слова:

информационные технологии в медицине, имитационное моделирование, организация медицины, многопрофильный стационар, приемно-диагностическое отделение

Для цитирования

Молодов В.А., Максимов А.И., Киселевская-Бабинина И.В., Киселевская-Бабинина В.Я., Карасёв Н.А., Тыров И.А. Имитационное моделирование как средство поддержки принятия решений при реорганизации приемно-диагностического отделения многопрофильного стационара. *Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь*. 2020;9(1):27–34. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2020-9-1-27-34>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарность, финансирование

Исследование не имеет спонсорской поддержки

АРМ — автоматизированное рабочее место
ИМ — имитационная модель
КТ — компьютерная томография

ПДО — приемно-диагностическое отделение
УЗИ — ультразвуковое исследование
ЭКГ — электрокардиография

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Значительные изменения, происходящие в социальной, экономической и демографической структуре развитых стран сказываются в том числе и на ситуации в медицинском обслуживании населения. Непрерывно растет нагрузка на медучреждения и, в первую очередь, на службы экстренной и неотложной помощи; количество обращений за год в некоторых европейских странах превышает 20% от общей численности населения [1]. Это приводит к тому, что экстренное медицинское обслуживание в стационарах быстро развивается и приобретает все возрастающее значение не только с профессиональной медицинской точки зрения, но и с точки зрения экономической политики.

Та же самая ситуация наблюдается и в Российской Федерации, особенно в мегаполисах и крупных городах. По статистическим данным, собранным в НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, количество обращений в приемно-диагностические отделения за последние 10 лет увеличилось более чем в 1,5 раза (на 54%) — с 51 600 в 2009 г. (141 человек в сутки) до 79 500 в 2018 г. (218 человек в сутки), а число госпитализаций возросло почти в 2 раза (на 96%) — с 22 600 до 46 300 [2].

В сложившихся условиях модернизации с целью повышения эффективности отечественного здраво-

охранения руководству лечебных учреждений приходится принимать решения о реорганизации отделений для поддержания высокого качества и оперативности работы. Для поддержки принятия решений об изменениях структуры отделения и его ресурсного оснащения успешно применяются методы имитационного моделирования. Например, подобные методы были использованы для анализа развития стационарного отделения Санкт-Петербургского научно-исследовательского института скорой помощи имени И.И. Джанелидзе [3]. В связи с вышеизложенным нами в 2016–2017 гг. была построена в инструментальной среде AnyLogic имитационная модель существующего на тот момент центрального приемно-диагностического отделения (ПДО) института, принципиальная схема функционирования которого представлена на рис. 1.

Проведенные эксперименты по моделированию временных параметров прохождения потока пациентов, описанные в работе [4], учитывали неравномерность потока пациентов в течение суток. Полученные результаты моделирования свидетельствовали о том, что при задаваемом количестве поступивших 200–210 чел./сут длина очередей и время пребывания в ПДО резко возрастают, что приводит в конечном счете к коллапсу его функционирования во время пиковых нагрузок. При этом никакие локальные изменения в существующей структуре (увеличение количества врачей наиболее востребованных специальностей или наиболее загруженных диагностических служб) не позволяли получить принципиально лучших результатов.

Методом линейной экстраполяции было рассчитано, что такой уровень поступления во время пиковых нагрузок может быть достигнут уже в ближайшее время. В связи с этим было высказано предположение о необходимости структурной перестройки приемного отделения и организации его работы на качественно иных принципах обслуживания. В основу реформы была положена пациент-ориентированная модель, призванная существенно повысить комфортность пребывания пациентов в приемном отделении и оптимизировать его логистику. Принципиальная схема организации реконструированного и реорганизованного приемного отделения показана на рис. 2.

При такой организации работы ПДО после поступления пациента, его регистрации и помещения на диагностическую койку все дальнейшие исследования, консультации и процедуры проводят непосредственно на месте, и только стационарные исследования — при перемещении пациента в сопровождении медперсонала. Пациент-ориентированный подход позволил сократить сроки прохождения пациентов через приемное отделение и уменьшить количество временных и ресурсных затрат.

С целью дальнейшей оптимизации и повышения эффективности деятельности ПДО института в описанной парадигме нами была создана агентная имитационная модель реорганизованного центрального ПДО, в которой было учтено большинство регулярно происходящих в приемном отделении процессов.

ИСХОДНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как и в предшествующих исследованиях [4], при построении модели использована стандартная библиотека моделирования процессов программного обеспечения AnyLogic PLE 8.0.4 как одного из удобных и развитых средств имитационного моделирования,

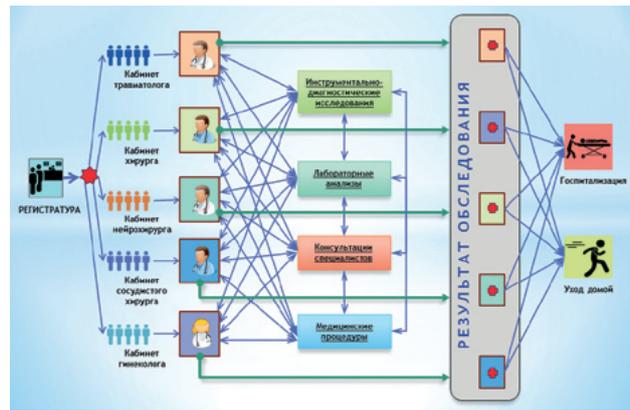


Рис. 1. Принципиальная блок-схема распределения основных потоков пациентов в приемно-диагностическом отделении НИИ СП им. Н.В. Склифосовского в 2017 г. для построения имитационной модели
 Fig. 1. The basic block diagram of the main patient flows distribution in the ADD of N.V. Sklifosovsky Research Institute in 2017 for building a simulation model

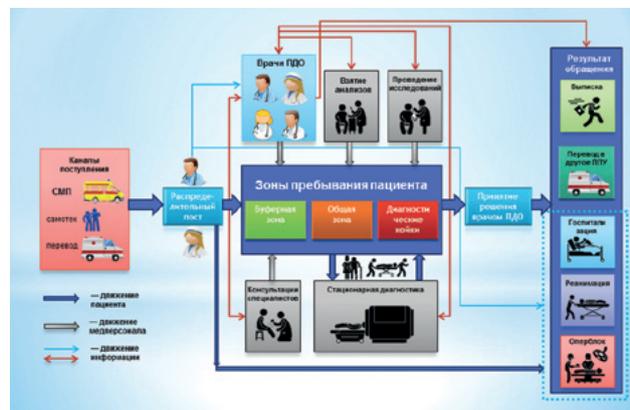


Рис. 2. Принципиальная блок-схема логистики пациентов, медперсонала и информационных потоков в пациент-ориентированной модели приемно-диагностического отделения
 Fig. 2. The basic block diagram of the logistics of patients, medical staff and information flows in a patient-oriented ADD model

доступных для применения в научных и образовательных целях.

Основные исходные положения, использованные при построении модели, заключались в следующем:

- поток поступления пациентов рассматривался как пуассоновский поток [5];
- плановые поступления и поступления пациентов, требующих экстренного медицинского вмешательства и транспортируемых бригадой скорой медицинской помощи непосредственно в экстренную реанимацию или оперблок, не моделировались, поскольку эти поступления не оказывают значительной нагрузки на работу центрального ПДО;
- для моделирования выбраны семь основных врачебных профилей ПДО: хирургический, травматологический, нейрохирургический, ангиохирургический, гинекологический, неврологический и терапевтический;
- моделирование проводили для наиболее плотно загруженного дня недели — понедельника, с учетом

суточной неравномерности поступления пациентов (рис. 3).

Одним из полезных свойств инструментальной среды *Anylogic* является возможность работы со схемами помещений, в которых происходят процессы на основе реальных планов зданий, включенных в программу в одном из общепринятых графических форматов (*jpeg, png, gif, bmp* и т.д.). На рис. 4 представлена анимационная схема имитационной модели, построенной на основе архитектурного плана 1-го этажа корпуса 21В НИИ СП им. Н.В. Склифосовского, в котором расположено центральное приемное отделение. На схеме выделены цветом зоны коек временного пребывания пациентов, области расположения диагностических служб и расположение автоматизированных рабочих мест (АРМ) персонала.

При построении модели учитывались следующие основные виды инструментальных исследований, проводимые в ПДО: рентгеновское исследование, ультразвуковое исследование (УЗИ), электрокардиография (ЭКГ), эндоскопия, компьютерная томография (КТ). Среднее число проводимых в день указанных видов исследований, представленное в табл. 1, было получено как среднестатистическое для десяти стандартных понедельников.

Значения временных параметров, использованных при проведении исследований, вначале были взяты из стандартных нормативов Минздрава РФ [6–8], но затем ввиду их явной завышенности они были скорректированы с учетом фактических временных показателей и экспертных оценок специалистов. Обобщенные оценки принятых временных диапазонов, на основе которых выполняли моделирование, представлены в табл. 2.

Выполняемые в ПДО лабораторные исследования не моделировались, так как данный вид исследований проводят параллельно с другими, и они не влияют на общее время пребывания в ПДО.

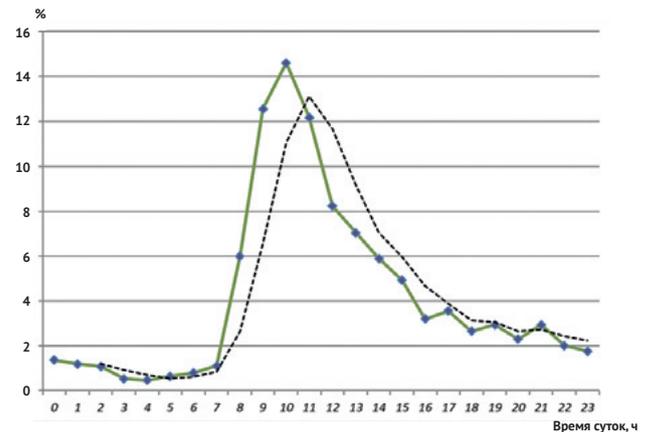


Рис. 3. Интенсивность поступления пациентов в течение суток с аппроксимацией

Fig. 3. The intensity of patient admission during the day with approximation

Таблица 1

Среднестатистический суточный объем проводимых в приемно-диагностическом отделении основных инструментальных исследований

Table 1

The average daily volume of basic instrumental studies conducted in the ADD

Исследование	Среднее число исследований	Число врачей-диагностов	Число аппаратов
Эндоскопия	3	1	1
Рентгеновское исследование	70	2	1
Ультразвуковое исследование	40	2	2
Электрокардиография	23	1	1
Компьютерная томография	22	1	1

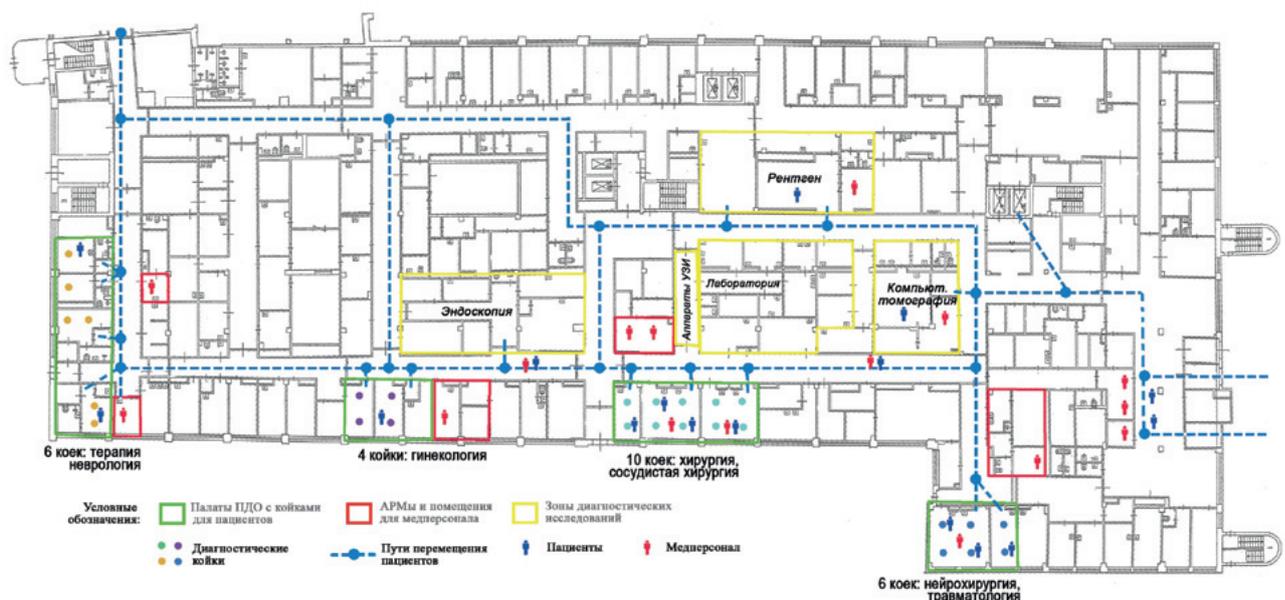


Рис. 4. Анимационная схема имитационной модели центрального ПДО НИИ СП им. Н.В. Склифосовского

Примечания: АРМ — автоматизированное рабочее место; ПДО — приемно-диагностическое отделение

Fig. 4. The animation scheme of the simulation model of the central ADD of N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine

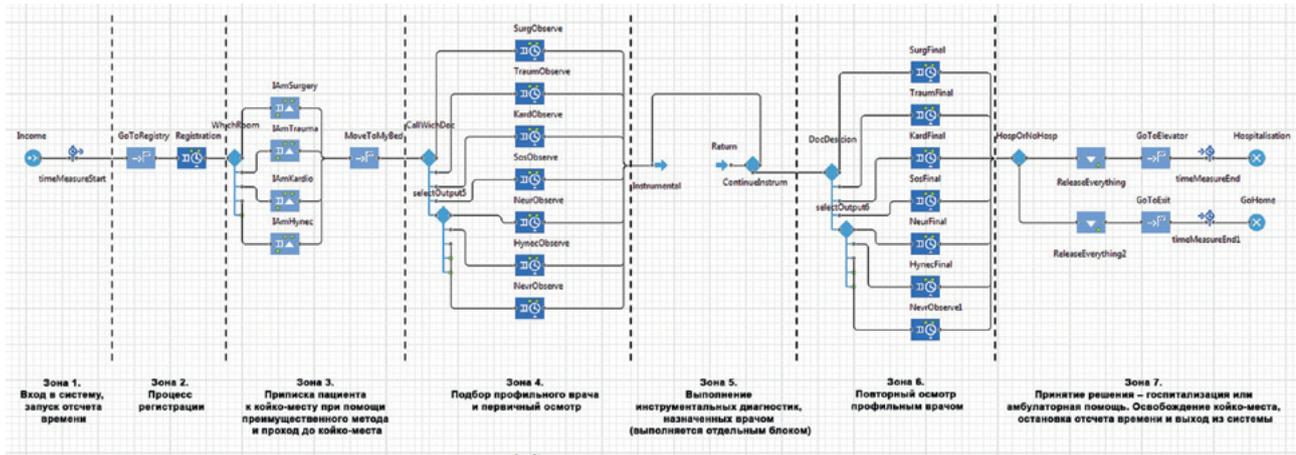


Рис. 5. Имитационная модель центрального приемно-диагностического отделения НИИ СП им. Н.В. Склифосовского. Блок-схема лечебно-диагностического процесса для агентов — пациентов приемно-диагностического отделения
 Fig. 5. A simulation model of the central ADD of N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine. Flowchart of the diagnostic and treatment process for agents — ADD patients

В построенной модели пациенты рассматриваются как агенты, проходящие через всю схему лечебно-диагностического обслуживания от момента введения в модель до момента выхода. Остальные субъекты и объекты моделирования являются ресурсами отделения, которые задействованы в обслуживании агентов. Основной путь агентов состоит из следующих этапов — приход в регистратуру, регистрация у стойки, закрепление за диагностической койкой, первичный осмотр врачом соответствующего профиля, прохождение инструментальных исследований, повторный осмотр врачом, выход для госпитализации в отделение или уход из ПДО. На рис. 5 представлена созданная нами блок-схема имитационной модели (ИМ) центрального приемного отделения.

Вход в систему (Зона 1) осуществляется блоком *Income* типа *Source*, который выполняет две функции — регулирует поток приходящих пациентов согласно расписанию интенсивности прибытия (см. рис. 3), а также определяет пациенту профиль специалиста, исходя из распределения больных по профилям за сутки (рис. 6). Сразу после появления агента в модели запускается его индивидуальный отсчет времени прохождения через все блоки системы.

Регистрацию поступающих пациентов (Зона 2) производят у стойки регистратуры четыре сотрудника в течение 2–5 минут. Эта функция реализована в модели блоком типа *Service*. Далее (Зона 3) блоком *WhichRoom* типа *SelectOutput* пациент направляется в одну из четырех профильных зон: блоки *IAmSurgery/IAmTrauma/IAmKardio/IAmHynec* типа *Seize* моделируют для каждой зоны преимущественные правила закрепления койки за пациентом. Все места разделены на четыре зоны в зависимости от профиля обращения. При свободных местах пациент занимает койку в зоне его профиля, однако если мест недостаточно, он может занять койку в ближайшей свободной зоне. Это не касается гинекологического профиля — гинекологические пациенты всегда занимают свободную койку своего профиля, в то время как остальные профили туда не допускаются. Если мест нет, пациенты размещаются в коридоре, и затем занимают первую освободившуюся койку.

Первичный осмотр профильным врачом (Зона 4) моделируется блоками *[X]Observe* типа *Service* — сво-

Таблица 2
Время выполнения основных видов инструментальных исследований

Table 2
The execution time of the main types of instrumental research

Вид исследования	Минимальное, среднее и максимальное время, заложеное в систему, мин	На основе приказов, мин
Рентгеновское исследование	3, 15, 17	10, 12, 35
Электрокардиография	3, 5, 10	13, 15, 24
Ультразвуковое исследование	10, 15, 20	20, 30, 60
Эндоскопия	10, 15, 30	55, 76, 100
Компьютерная томография	15, 20, 40	30, 40, 60

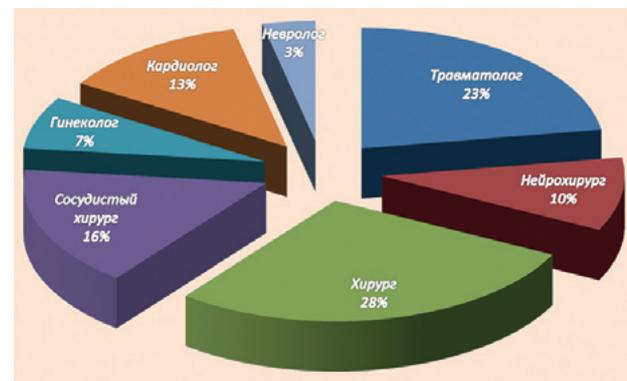


Рис. 6. Распределение поступающих пациентов по врачебным профилям за сутки
 Fig. 6. Distribution of incoming patients by medical profiles per day

бодный в данное время врач приходит к пациенту и назначает перечень исследований, обязательных для выполнения. Время первичного осмотра было определено на основании экспертных оценок.

Далее пациент проходит все назначенные ему инструментальные исследования (Зона 5). Каждый тип исследования привязан к соответствующему блоку *Instrumental* типа *Enter*. Поскольку порядок прохождения исследований произволен, блок *Instrumental* типа *Exit* направляет пациента в тот блок типа *Enter*, который в данный момент наименее загружен. Для минимизации задержек при исследованиях можно использовать алгоритм приоритета: программа берет

нужные пациенту исследования, измеряет длину очередей к каждому из специалистов, вычисляет среднее теряемое время, которое складывается из времени пребывания в очереди и времени самого исследования, и в результате формирует очередь оптимальным образом и равномерно перераспределяет загруженность ресурсов. После прохождения одного из исследований оно вычеркивается из перечня. В блоке *ContinueInstrum* типа *SelectOutput* проверяется, остались ли еще невыполненные исследования. Если да, то пациент снова переходит к блоку *Instrumental*, если нет, следует далее.

Повторный осмотр (Зона 6) происходит аналогично первичному, но занимает меньше времени. После этого с априорно заданной вероятностью, определяемой как процент госпитализаций в Институт за исследуемый период (см. данные [2]), пациент сопровождается на госпитализацию или к выходу из стационара (Зона 7). Измерение времени завершается, и в блоке *Hospitalisation* или *GoHome* типа *Sink* выполняется удаление агента из системы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Было проведено несколько серий имитационных экспериментов при различных значениях параметров модели. В числе основных параметров следует указать:

- временные затраты на осмотры специалистов;
- временные затраты на диагностические исследования;
- количество диагностических коек;
- количество врачей ПДО по каждому профилю (по каждой специальности);
- количество единиц инструментальной диагностики.

Поскольку программа позволяет при моделировании менять параметры системы, можно проанализировать, как модель ведет себя в разных ситуациях: при равномерном распределении потока пациентов, при «массовых поступлениях» одного профиля, при разных комбинациях профилей и т.п. Кроме того, изменяя параметры самой модели (число коек, медперсонала, диагностических аппаратов и др.), можно рассмотреть соответствующие изменения пропускной способности приемного отделения и выявить факторы, важные для его оптимальной работы.

1. Осмотр специалистов

Время, затрачиваемое на первичный и повторный осмотр, было взято из совокупности экспертных оценок специалистов каждого из семи профилей, задействованных в ПДО.

2. Время исследований

Первоначально для модели планировалось использовать время, рекомендованное Минздравом РФ для инструментальных диагностических исследований. Однако поведение модели не согласовывалось с реальными данными – время ожидания и длина очереди оказывались значительно больше фактических. Поэтому был предложен вариант экспертных оценок времени, затрачиваемого на исследования. Эти показатели были взяты за основу построения ИМ.

3. Число диагностических коек и специалистов

Общее число диагностических коек, а также штатное расписание специалистов, дежурящих в приемном отделении, не может быть изменено на настоящий

момент, и потому в ИМ было фиксированной величиной.

4. Число аппаратов инструментальной диагностики

В нашем случае система показала затруднение в работе при большом наплыве травматологических или хирургических пациентов. Как видно из рис. 7А, основные затруднения происходят из-за очереди на рентгеновские исследования при одном работающем аппарате. Указанное время проведения исследования – от 10 до 35 минут – при большом поступлении пациентов создает очереди до 5 человек. Это происходит за счет того, что рентгеновский кабинет в приемном отделении обслуживает около 40% всех больных и около 70–75% больных травматологического и хирургического профилей (которые, в свою очередь, являются ведущими). На рис. 7В видно, что добавление второго рентген-аппарата существенно влияет на ситуацию – очереди на рентгеновское исследование уменьшаются до 2 человек.

Согласно табл. 3, использование второго рентген-аппарата снижает среднее время пребывания в ПДО госпитализированных пациентов на 10 минут, негоспитализированных – на 4 минуты. При этом максимальное время снижается на 40% / 50% соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают широкие возможности имитационного моделирования и свидетельствуют о целесообразности использования данного подхода в качестве инструмента поддержки принятия решений в задачах организации лечебно-диагностического обслуживания пациентов медицинского стационара.

Разработанная нами имитационная модель центрального приемно-диагностического отделения адекватно отражает текущую организационную схему медицинского обслуживания пациентов в приемном

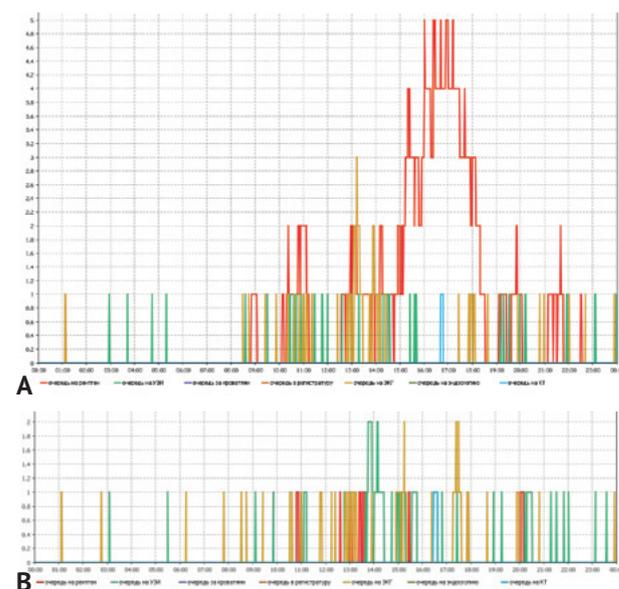


Рис. 7. Длина очередей в приемно-диагностическое отделение в зависимости от времени суток: А – один рентген-аппарат; В – два рентген-аппарата
Примечания: КТ – компьютерная томография; УЗИ – ультразвуковое исследование; ЭКГ – электрокардиография
Fig. 7. The length of the queues in the ADD depending on the time of the day. А – one x-ray device; В – two x-ray devices

Таблица 3

Время пребывания пациентов в приемно-диагностическом отделении при работе одного и двух рентген-аппаратов

Table 3

The time spent in ADD during the operation of one and two x-ray machines

Пациенты	Время пребывания пациентов в приемно-диагностическом отделении, мин					
	Один рентген-аппарат			Два рентген-аппарата		
	Минимальное	Среднее	Максимальное	Минимальное	Среднее	Максимальное
Госпитализированные	9,5	43,7	118,3	9,3	34	70,7
Негоспитализированные	8,9	36,3	117,6	11	32,8	61,7

диагностическом отделении НИИ СП. Представленная модель может иметь дальнейшее развитие. Так, например, введение в нее параметров участия младшего медицинского персонала, который сопровождает пациентов от диагностической койки до отделения или до кабинета инструментального исследования, может помочь выявить важность этого фактора для работы приемно-диагностического отделения. Помимо этого дальнейшее совершенствование организации движения пациента будет учитывать приоритеты обслуживания в зависимости от тяжести состояния.

Следует отметить перспективные возможности применения имитационного моделирования в

ЛИТЕРАТУРА

- Lange R, Popp S, Erbguth F. Focal point emergency departments. *Nervenartz*. 2016;87(6):592–602. <https://doi.org/10.1007/s00115-016-0116-y>
- Карасев Н.А., Молодов В.А., Киселевская-Бабинина В.Я., Кислухина Е.В., Курилин Б.Л., Медведева А.Б. Анализ показателей интенсивности использования коечного фонда НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского за 2014–2018 гг. В сб.: *Вектор развития высоких медицинских технологий на госпитальном этапе оказания скорой и неотложной медицинской помощи: материалы науч. - практ. конф.*, (Рязань, 18–19 апреля 2019 г.). М.: НПО ВМ, НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ, 2019: 10–11.
- Теплов В.М., Щербовская 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;20(2):14–19. <https://doi.org/10.24884/2072-6716-2019-20-2-14-19>
- Максимов А.И., Молодов В.А., Курилин Б.Л., Кислухина Е.В., Васильев В.А., Карасев Н.А. Имитационное моделирование приемно-диагностического отделения в многопрофильном стационаре скорой помощи. *Врач и информационные технологии*. 2018; (3): 73–80.
- Алимов Р.Р., Мирошниченко А.Г., Барсукова И.М. Обоснование выбора типа математической модели работы госпитального этапа скорой медицинской помощи. *Скорая медицинская помощь*. 2013;(4):23–25.

REFERENCES

- Lange R, Popp S, Erbguth F. Focal point emergency departments. *Nervenartz*. 2016;87(6):592602. <https://doi.org/10.1007/s00115-016-0116-y>
- Karasev NA, Molodov VA, Kiselevskaya-Babinina VYa, Kislukhina EV, Kurilin BL, Medvedeva AB. Analiz pokazateley intensivnosti ispol'zovaniya koechnogo fonda NII skoroy pomoshchi im. N.V. Sklifosovskogo za 2014–2018 gg. In: *Vektor razvitiya vysokikh meditsinskikh tekhnologiy na gosptal'nom etape okazaniya skoroy i neotlozhnoy meditsinskoj pomoshchi: materialy nauch.-prakt. konf.*, (Ryazan, 18–19 aprelya 2019 g.). Moscow: NPO VNM, NII SP im NV Sklifosovskogo DZM Publ., 2019: 10–11. (In Russ.)
- Teplov VM, Tsebrovskaya EA, Karpova EA, Minnullin IP, Bagnenko SF. The Use of Simulation Modeling for Optimization of the Daily Activities of the Emergency Department. *Emergency Medical Care*. 2019;20(2):14–19. <https://doi.org/10.24884/2072-6716-2019-20-2-14-19> (In Russ.)
- Maksimov AI, Molodov VA, Kurilin BL, Kislukhina EV, Vasiljev VA, Karasev NA. Simulation modeling of the emergency area in a multidisciplinary emergency department. *Information technologies for the Physician*. 2018;(3):73–80. (In Russ.)
- Alimov RR, Miroshnichenko AG, Barsukova IM. Rationale for Choosing of Mathematical Model of Emergency Department of a Multidisciplinary Hospital. *Emergency Medical Care*. 2013;(4):23–25. (In Russ.)

построении и проведении имитационных экспериментов для исследования различных чрезвычайных ситуаций, массовых поступлений по разным профилям и т.п., что имеет особую значимость ввиду сложности выполнения оценок таких ситуаций аналитическими методами. Таким образом, для скорпомощных стационаров при тенденции возрастания потока поступающих пациентов и высокой значимости фактора времени подобное применение инструментальных средств прогнозирования и поддержки принятия решений по оптимизации лечебно-диагностического обслуживания как в рамках повседневной штатной деятельности, так и в условиях множества сложных внештатных ситуаций, является особенно актуальным.

Анализируя результаты проведенных имитационных экспериментов и полученные статистические данные, можно сделать следующие выводы:

1. Результаты экспериментов свидетельствуют об улучшении функционирования приемно-диагностического отделения по новой схеме, что в свою очередь служит подтверждением положительного результата проведенной реорганизации.

2. Построенная имитационная модель позволяет выявлять «узкие места» в организации медицинского обслуживания и предлагать варианты их устранения.

3. Изменяя начальные параметры модели при том же потоке пациентов и изучая соответствующие отклики системы, можно найти наиболее оптимальный вариант работы приемно-диагностического отделения.

- Примерные расчетные нормы времени на проведение рентгенологических и ультразвуковых исследований: Приложение 22 к приказу Минздрава РФ от 02.08.1991 г. «Положение об отделе (отделении) лучевой диагностики». URL: <https://zakonbase.ru/content/part/416745> [Дата обращения 3 февраля 2020 г.]
- Расчетные нормы времени на эндоскопические исследования, лечебно-диагностические процедуры, операции: Приложение 7 к приказу Минздрава и мед. промышленности РФ от 31 мая 1996 г. №222 «О совершенствовании службы эндоскопии в учреждениях здравоохранения российской федерации» (в ред. приказа Минздрава РФ от 16.06.1997 №184). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=154077> [Дата обращения 3 февраля 2020 г.]
- Расчетные нормы времени на функциональные исследования, проводимые в кабинетах функциональной диагностики лечебно-профилактических учреждений: Приложение 7 к приказу Минздрава РФ от 30.11.1993 г. № 283 «О совершенствовании службы функциональной диагностики в учреждениях здравоохранения Российской федерации». URL: <https://zakonbase.ru/content/base/70529> [Дата обращения 3 февраля 2020 г.]

- Примерные расчетные нормы времени на проведение рентгенологических и ультразвуковых исследований: Приложение 22 к приказу Минздрава РФ от 02.08.1991 г. «Положение об отделе (отделении) лучевой диагностики». Available at: <https://zakonbase.ru/content/part/416745> [Accessed 3 Feb, 2020] (In Russ.)
- Расчетные нормы времени на эндоскопические исследования, лечебно-диагностические процедуры, операции: Приложение 7 к приказу Минздрава и мед. промышленности РФ от 31 мая 1996 г. No 222 «O sovershenstvovanii sluzhby endoskopii v uchrezhdeniyakh zdoravookhraneniya rossiyskoy federatsii» (v red. prikaza Minzdava RF ot 16.06.1997 No. 184). Available at: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=154077> [Accessed 3 Feb, 2020] (In Russ.)
- Расчетные нормы времени на функциональные исследования, проводимые в кабинетах функциональной диагностики лечебно-профилактических учреждений: Приложение 7 к приказу Минздрава РФ от 30.11.1993 г. No 283 «O sovershenstvovanii sluzhby funktsional'noy diagnostiki v uchrezhdeniyakh zdoravookhraneniya Rossiyskoy federatsii». Available at: <https://zakonbase.ru/content/base/70529> [Accessed 3 Feb, 2020] (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

- Молодов Валентин Альбертович** заведующий лабораторией автоматизированной системы управления лечебно-диагностическим процессом ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»; <https://orchid.org/0000-0002-1212-8074>, MolodovVA@sklif.mos.ru;
20%: разработка имитационной модели, проведение эксперимента, анализ полученных данных обсуждение результатов, написание статьи
- Максимов Андрей Иванович** кандидат технических наук, инженер лаборатории АСУ ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»; <https://orchid.org/0000-0002-1067-4186>, MaksimovAI@sklif.mos.ru;
20%: разработка имитационной модели, проведение эксперимента, анализ полученных данных обсуждение результатов, написание статьи
- Киселевская-Бабинина Ирина Викторовна** инженер лаборатории АСУ ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»; <https://orchid.org/0000-0003-4474-4469>, KiselevskayaIV@sklif.mos.ru;
20%: разработка имитационной модели, проведение эксперимента, анализ полученных данных обсуждение результатов, написание статьи
- Киселевская-Бабинина Виктория Ярославовна** инженер лаборатории АСУ ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»; <https://orchid.org/0000-0002-9057-2162>, KiselevskayaVY@sklif.mos.ru;
20%: разработка имитационной модели, проведение эксперимента, анализ полученных данных обсуждение результатов, написание статьи
- Карасёв Николай Александрович** кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией организации стационарной неотложной помощи ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»; <https://orchid.org/0000-0002-9042-5824>, KarasevNA@sklif.mos.ru;
10%: обсуждение результатов, написание статьи
- Тыров Илья Александрович** заместитель директора по развитию информационных технологий ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»; <https://orchid.org/0000-0001-9337-624X>, it@sklif.mos.ru
10%: обсуждение результатов, написание статьи

Received on 09.07.2019

Accepted on 09.09.2019

Поступила в редакцию 09.07.2019

Принята к печати 09.09.2019

Simulation Modeling As a Tool of Decision Support During Reorganization of the Diagnostic Department of a Multidisciplinary Hospital

V.A. Molodov*, A.I. Maksimov, I.V. Kiselevskaya-Babinina, V.Y. Kiselevskaya-Babinina, N.A. Karasyov, I.A. Tyrov

Laboratory of the Automatic Control System for the Treatment and Diagnostic Process
N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Healthcare Department
3 Bolshaya Sukharevskaya Square, Moscow 129090, Russian Federation

* **Contacts:** Valentin A. Molodov, Head of the Laboratory of the Automatic Control System for the Treatment and Diagnostic Process of the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine. Email: MolodovVA@sklif.mos.ru

ABSTRACT Steadily growing flow of patients and a constant increase in the requirements for the quality of medical care more and more often lead to the need to reorganize the work of various departments of medical hospitals. However, such actions are very costly and do not always give the desired result. One of the effective methods of preliminary planning, as well as predicting the results of proposed transformations, is the method of simulation modeling of medical and diagnostic processes based on a specially created model. In this article we describe the original data on the operation of the admission and diagnostics department (ADD) of N.V. Sklifosovsky Institute, which served as one of the grounds for its reorganization, as well as the creation of a simulation model of ADD, reconstructed on the principles of a patient-oriented approach. We considered all stages of the model construction in detail and thereby justified its structure and the qualitative and quantitative parameters which formed the basis therein. The temporal and numerical results of modeling the flow of patients through the ADD, as well as the flow of changes in the parameters of the model to the throughput of the ADD are presented. Thus, specific examples show how problem areas of the existing diagnostic and treatment process can be identified, and what options are available for its optimization and modernization. In addition, suggestions are made for further improvement of the created model and options for its use, for example, for the study of various contingencies and emergencies, mass revenues, etc.

Keywords: information technologies in medicine, simulation modeling, organization of medicine, multidisciplinary hospital, diagnostic department

For citation Molodov VA, Maksimov AI, Kiselevskaya-Babinina IV, Kiselevskaya-Babinina VY, Karasyov NA, Tyrov IA. Simulation Modeling As a Tool of Decision Support During Reorganization of the Diagnostic Department of a Multidisciplinary Hospital. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2020;9(1):27–34. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2020-9-1-27-34> (in Russ.)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments, sponsorship The study had no sponsorship

Affiliations

- Valentin A. Molodov Head of the Laboratory of the Automatic Control System for the Treatment and Diagnostic Process of the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; <https://orcid.org/0000-0002-1212-8074>, MolodovVA@sklif.mos.ru;
20%: development of a simulation model, conducting an experiment, analysis of the data obtained, discussion of results, writing the article
- Andrey I. Maksimov Cand. Tech. Sci., Engineer of the ACS Laboratory of the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; <https://orcid.org/0000-0002-1067-4186>, MaksimovAI@sklif.mos.ru;
20%: development of a simulation model, conducting an experiment, analysis of the data obtained, discussion of results, writing the article

- Irina V. Kiselevskaya-Babinina Engineer of the ACS Laboratory of the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; <https://orcid.org/0000-0003-4474-4469>, KiselevskayaIV@sklif.mos.ru;
20%: development of a simulation model, conducting an experiment, analysis of the data obtained, discussion of results, writing the article
- Victoria Y. Kiselevskaya-Babinina Engineer of the ACS Laboratory of the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; <https://orcid.org/0000-0002-9057-2162>, KiselevskayaVY@sklif.mos.ru;
20%: development of a simulation model, conducting an experiment, analysis of the data obtained, discussion of results, writing the article
- Nikolay A. Karasyov Cand. Med. Sci., Head of the Laboratory for Organization of Inpatient Emergency Care of the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; <https://orcid.org/0000-0002-9042-5824>, KarasevNA@sklif.mos.ru;
10%: discussion of results, writing the article
- Ilya A. Tyrov Deputy Director for Development of Information Technologies of the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; <https://orcid.org/0000-0001-9337-624X>, it@sklif.mos.ru;
10%: discussion of results, writing the article