

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ВОПРОСАХ ОСНАЩЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ВОЕННО-МЕДИЦИНСКИХ ФОРМИРОВАНИЙ СОВРЕМЕННЫМИ ПОДВИЖНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

**И. Ф. Савченко, А. П. Рагулин, В. В. Кучейник, А. Н. Миргородский
(Санкт-Петербург)**

С момента выхода в свет в апреле 2000 г. новой военной доктрины Российской Федерации перед Вооруженными силами вообще и медицинской службой в частности остро стоят задачи повышения эффективности и качества работы медицинских формирований в различных условиях боевой обстановки и экстремальных ситуациях мирного времени. Таким формированием, предназначенным для оказания квалифицированной медицинской помощи в соединении является отдельный медицинский батальон (омедб).

Анализ проблемных вопросов организации работы в омедб показал, что существующее техническое оснащение его функциональных подразделений не соответствует современному уровню развития военной медицины, а также не обеспечивает необходимой мобильности, автономности и оперативности в вопросах развертывания, свертывания и перемещения. Основные подразделения омедб в существующем ныне оснащении располагаются в палатках типа УСБ-56, УСТ-56, УЗ-68 (лагерных). Условия работы специалистов, размещения раненых и больных в поле характеризуются слабо регулируемыми параметрами микроклимата.

Развертывание в палатках операционно-перевязочного отделения не обеспечивает оптимальных санитарно-гигиенических условий, затрудняет выполнение требований по асептике в операционных, реанимационных, перевязочных, так как они не имеют полов, систем жизнеобеспечения и стерилизации воздуха, поверхностей медицинской мебели и оборудования.

В настоящее время отечественная промышленность освоила выпуск подвижных лечебно-диагностических комплексов в кузовах-фургонах, кузовах-контейнерах постоянного и переменного объема, обладающих высоким уровнем технического оснащения, мобильностью, эргономичностью внутренних помещений, комфортными условиями обитаемости. Один из них – комплекс операционно-реанимационный подвижный (КОРП), предназначенный для оказания квалифицированной медицинской помощи раненым в полевых условиях в военное время и в чрезвычайных ситуациях мирного времени. КОРП, состоящий из операционной и реанимационной в медицинских кузовах-фургонах на шасси автомобилей повышенной проходимости КамАЗ-43101, сортировочно-эвакуационной в пневмосооружении ПСМ-4, а также блока электропитания и отделения стерилизации, планируется использовать для оснащения медицинского и операционно-перевязочного взводов омедб.

Работа комплекса обеспечивается штатом из двух врачей-хирургов, врача-анестезиолога, медицинской сестры-анестезиста, старшей операционной и операционной медицинских сестер.

Принятие на оснащение омедб мобильных комплексов разнонаправленного предназначения приведет к существенному изменению его облика, схем развертывания, тактики использования в бою. Фактически речь идет о создании нового формирования медицинской службы с уникальными задачами, организационной и организационно-штатной структурами.

Задачей настоящего исследования являлось определение необходимого и достаточного штатного количества КОРП для омедб перспективного облика, используемого в боевой обстановке для оказания квалифицированной хирургической помощи (КХП) раненым.

В исследованиях, проведенных за последние 15 лет в Военно-медицинской акаде-

мии им. С. М. Кирова, с помощью компьютерных имитационных моделей решались задачи оценки эффективности лечебно-эвакуационных мероприятий, совершенствования организационной и организационно-штатной структур медицинских формирований, рационального распределения штатного и приданного медицинского персонала и др.

Поскольку омедб в боевой обстановке работает как система массового обслуживания, то в качестве среды моделирования использовался специализированный язык GPSS, реализующий дискретно-событийный подход. Для функциональных подразделений использована дисциплина FIFO с неограниченной очередью и приоритетами.

Система оказания КХП в омедб с использованием КОРП принципиально не отличается от «классического» варианта организации этого вида медицинской помощи при размещении функциональных подразделений в палатках. В интересах цели исследования интегральный процесс – оказание КХП раненым – разделен на следующие подпроцессы: прием и сортировку, диагностику, предоперационную подготовку, противошоковые и реанимационные мероприятия, проведение оперативных вмешательств, послеоперационное наблюдение, подготовку к эвакуации (лечение).

В соответствии с этими подпроцессами была разработана структурно-логическая схема имитационной модели движения раненых в омедб (рис. 1).

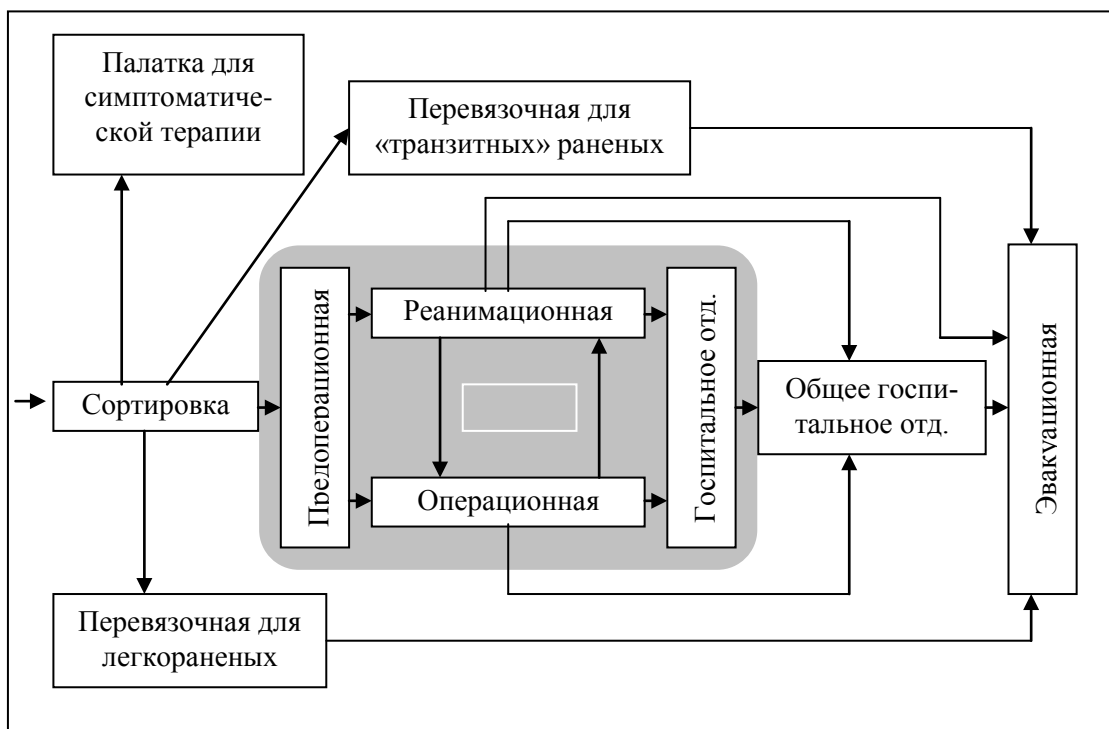


Рис. 1. Структурно-логическая схема имитационной модели движения раненых в отдельном медицинском батальоне дивизии

Как видно из схемы, поступившие раненые после проведения сортировочных и диагностических мероприятий разделяются на четыре группы (потока):

лица, нуждающиеся в квалифицированной хирургической помощи в омедб;

легкораненые;

лица, нуждающиеся только в симптоматической терапии;

«транзитные» раненые (лица, нуждающиеся в оказании специализированной хирургической помощи без оказания квалифицированной).

В логику имитационной модели заложены следующие принципы прохождения раненых через КОРП:

продолжительность оперативного вмешательства зависит от степени тяжести раненого;

обслуживание раненых осуществляется по приоритету тяжести;

в предоперационной осуществляется подготовка к проведению оперативного вмешательства и (или) противошоковых (реанимационных) мероприятий – раздевание, бритье, премедикация и другие подготовительные мероприятия;

часть раненых из предоперационной поступает сразу в операционную (их относительная величина определяется статистикой), а остальным лицам в течение нескольких часов проводятся противошоковые (реанимационные) мероприятия и только после этого их направляют в операционную;

по окончании оперативного вмешательства тяжелые и крайне тяжелые раненые поступают в реанимационную, где находятся несколько часов, затем переводятся в госпитальное отделение КОРП;

раненые средней степени тяжести после оперативных вмешательств при наличии свободных мест размещаются в реанимационной, в противном случае их направляют в госпитальное отделение КОРП (если есть свободные места) или в общее госпитальное отделение;

часть раненых, нуждающихся в реанимационных мероприятиях, на данном этапе не оперируются.

Функциональная нагрузка на омедб при оказании КХП определяется величиной, структурой и интенсивностью входящего потока раненых.

Для настройки модели и проведения вычислительного эксперимента принята средняя продолжительность работы омедб на одном месте 3 сут. Подготовка исходных данных о количестве санитарных потерь и структуре входящего потока осуществлялась с учетом установленных среднестатистических показателей общевойскового боя с применением обычного оружия.

Рассмотрим основные подразделения омедб, отраженные в модели, с точки зрения формализации их функциональных свойств.

Сортировочно-эвакуационное отделение (сортировка) формализовано как многоканальное устройство. Поскольку процесс сортировки не исследуется в данной модели, то количество каналов задано таким образом, чтобы возможные очереди перед данным устройством не могли существенно повлиять на работу КОРП, т. е. максимальная длина очереди не превышала 1–2 человека.

Аналогичный подход применен для многоканальных устройств *перевязочная* для «транзитных» раненых и *перевязочная для легкораненых*.

Общее госпитальное отделение формализовано как многоканальное устройство. Количество каналов обслуживания задано таким образом, чтобы очередь в это устройство не превышала 1 чел.

Функциональные подразделения, входящие в состав КОРП, также формализованы, как многоканальные устройства.

Эвакуационная, так же как и *палатка для симптоматической терапии*, не является устройством, а меткой в модели, где осуществляется подсчет заявок.

В разработанной имитационной модели приняты следующие допущения и ограничения.

1. В модели предусмотрено оказание КХП лицам, имеющим только один вид боевых поражений – ранения, полученных от обычного вида оружия.

2. Оказание КХП осуществляется круглосуточно в течение всего периода моделирования.

3. Принято, что летальные исходы среди раненых наступают в палатке симптоматической терапии и составляют 5% от числа всех поступивших раненых.

4. Личный состав омедеб не подвергается огневому воздействию противника и потерь не несет.

5. Обеспеченность омедеб медицинским имуществом, техникой и другими материальными средствами не препятствует оказанию раненым стандартных мероприятий КХП, эргономические факторы КОРП не влияют на полноту и качество выполнения стандарта КХП.

6. В качестве частных показателей эффективности использованы стандартные для GPSS параметры очередей, коэффициенты загрузки устройств.

7. Раненые, находящиеся в очереди в операционную и реанимационную (противошоковую) не занимают мест (каналы обслуживания) предоперационной.

На первом этапе вычислительного эксперимента сравнивались результаты работы одного КОРП с контрольными данными – результатами работы операционно-перевязочного отделения (ОПО), развертываемого в палатках. Для последнего варианта характерно большее количество каналов обслуживания в операционной и противошоковой (аналог реанимационной), соответственно 3 и 12. В качестве частных показателей эффективности использовались стандартные для GPSS значения максимальной длины очереди на обслуживание (Q_{max}), коэффициента использования (U), среднего времени пребывания в очереди (T_{cp}). Полученные результаты обрабатывались с помощью пакета прикладных программ (ППП) Statistica V.6.0 (табл. 1, 2).

Таблица 1

Результаты моделирования оказания КХП в омедеб при различных вариантах организации

| Статистические показатели | Варианты организации КХП в омедеб | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|--------------------|-------|-----------|-------|-------------|-------|
| | в КОРП | | | | | | в ОПО (в палатках) | | | | | |
| | Предоп. | | Операц. | | Реанимац. | | Предоп. | | Операц. | | Противошок. | |
| | Q_{max} | U | Q_{max} | U | Q_{max} | U | Q_{max} | U | Q_{max} | U | Q_{max} | U |
| Среднее | 1 | 0,025 | 47,0 | 0,953 | 19,0 | 0,918 | 1 | 0,025 | 43,0 | 0,656 | 7,1 | 0,655 |
| Стандартное отклонение | 0 | 0,003 | 6,5 | 0,059 | 3,2 | 0,007 | 0 | 0,002 | 4,2 | 0,050 | 1,5 | 0,076 |

Таблица 2

Среднее время пребывания в очереди в операционную и реанимационную (противошоковую) при оказании КХП в омедеб при различных вариантах организации, мин.

| Статистические показатели | Варианты организации КХП в омедеб | | | |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------|--------------------|-------------|
| | в КОРП | | в ОПО (в палатках) | |
| | Операц. | Реанимац. | Операц. | Противошок. |
| Среднее | 2131 | 1552 | 1200 | 296 |
| Стандартное отклонение | 248 | 138 | 165 | 90 |

Результаты моделирования свидетельствуют о более высокой производительности ОПО омедб, развертываемого в палатках, по сравнению с одним КОРП. Этот факт объясняется втрое большей коечной емкостью противошоковой, а также возможностью проведения оперативных вмешательств на трех операционных столах. Кроме того, при размещении в палатках, за счет внутренних резервов омедб, может быть организована работа дополнительной хирургической бригады. Такая возможность полностью отсутствует при оказании КХП в КОРП, поскольку внутренний объем кузовов автомобилей не позволяет развернуть дополнительные операционные столы.

В качестве организационного решения для повышения эффективности оказания КХП в омедб можно предложить иметь не один, а несколько КОРП.

Задачей второго этапа вычислительного эксперимента была сравнительная оценка функциональных возможностей ОПО, оснащенного различным количеством КОРП (3 и 4 комплекса) и нынешним (контрольным) вариантом.

Для контрольного варианта опробовались две схемы проведения послеоперационных реанимационных мероприятий и интенсивной терапии: «полная» – в течение 12–24 ч в противошоковой и «сокращенная» продолжительностью 8–12 ч в противошоковой с последующим переводом в госпитальное отделение для завершения необходимой интенсивной терапии. «Сокращенная» схема предлагается для использования при массовом поступлении раненых. Для ОПО, оснащенного КОРП, применялась только «сокращенная» схема.

Таким образом, вычислительный эксперимент проводился по четырем вариантам внутренней организации оказания КХП в ОПО омедб:

1. ОПО при существующем сейчас оснащении с «полной» схемой послеоперационных реанимационных мероприятий и интенсивной терапии;
2. ОПО при существующем сейчас оснащении с «сокращенной» схемой послеоперационных реанимационных мероприятий и интенсивной терапии;
3. ОПО, оснащенное тремя КОРП, проводящее «сокращенную» схему послеоперационных реанимационных мероприятий и интенсивной терапии;
4. ОПО, оснащенное четырьмя КОРП, проводящее «сокращенную» схему послеоперационных реанимационных мероприятий и интенсивной терапии.

Результаты имитационного моделирования основного процесса в омедб – оказания КХП раненым с использованием КОРП (табл. 3) – показали, что производительность этого комплекса недостаточна при средней интенсивности поступления раненых и больных. Для достижения требуемой эффективности оказания этого вида медицинской помощи в омедб не ниже, чем при существующем оснащении, требуются 3–4 КОРП.

Проведенное исследование показывает, что с помощью имитационных моделей можно совершенствовать штаты медицинских и военно-медицинских формирований различного предназначения, оценивать эффективность лечебно-эвакуационных мероприятий, совершенствовать систему управления медицинской службой всех звеньев, экономить значительные материальные средства благодаря замене натуральных испытаний и различного рода учений вычислительными экспериментами на моделях.

Таблица 3

Результаты моделирования оказания КХП в ОПО омедб при различных вариантах организации

| Вариант | Статистические показатели | Подразделения | | | | | |
|-----------|---------------------------|------------------|-------|--------------|-------|---------------------------------|-------|
| | | Предоперационная | | Операционная | | Реанимационная (противошоковая) | |
| | | Q_{max} | U | Q_{max} | U | Q_{max} | U |
| Вариант 1 | Среднее | 1 | 0,046 | 20 | 0,958 | 48 | 0,893 |
| | Стандартное отклонение | 0 | 0,003 | 8 | 0,018 | 6 | 0,004 |
| Вариант 2 | Среднее | 1 | 0,046 | 50 | 0,959 | 13 | 0,866 |
| | Стандартное отклонение | 0 | 0,003 | 6 | 0,009 | 7 | 0,021 |
| Вариант 3 | Среднее | 1 | 0,038 | 56 | 0,959 | 3 | 0,723 |
| | Стандартное отклонение | 0 | 0,002 | 10 | 0,009 | 1 | 0,027 |
| Вариант 4 | Среднее | 1 | 0,028 | 15 | 0,941 | 2 | 0,621 |
| | Стандартное отклонение | 0 | 0,001 | 6 | 0,03 | 1 | 0,059 |

Литература

1. Гуманенко Е. К. и др. Принципы организации оказания хирургической помощи и особенности структуры санитарных потерь в контртеррористических операциях на Северном Кавказе (Сообщ.)//Воен.-мед. журн. 2005. Т. 326, № 1. С. 4–13.
2. Ефименко Н. А. и др. Хирургическая помощь раненым в вооруженном конфликте: организация и содержание квалифицированной хирургической помощи (Сообщение второе)//Воен.-мед. журн. 1999. Т. 320, № 9. С. 25–30.
3. Жилиев Е.Г. и др. О приближении медицинской помощи к передовым этапам медицинской эвакуации//Воен.-мед. журн. 1999. Т. 320, № 5. С. 25–28.
4. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973. 344 с.
5. Микони С. В. Теория и практика рационального выбора. М.: Маршрут, 2004. 463 с.
6. Савченко И. Ф. и др. Имитационные модели организации лечебно-эвакуационных мероприятий в мотострелковом полку в ходе боя//Воен.-мед. журн. 2003. Т. 324, № 9. С. 4–13.
7. Томашевский В. Н., Жданова Е. Г. Имитационное моделирование в среде GPSS. М.: Бестселлер, 2003. 416 с.
8. Указания по военно-полевой хирургии. М., 2000. 416 с.