

Информирование населения при аварии на химически опасном объекте: результаты системно-динамического моделирования

Р.А. Дурнев, зам. начальника, д-р техн. наук, доцент

А.С. Котосорова, младший научный сотрудник

Р.Л. Галиуллина, лаборант-исследователь

Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России

e-mail: rdurnev@rambler.ru

Ключевые слова:

системно-динамическая модель, авария, химически опасный объект, информирование населения, сообщение, защитные действия, моделирование, машинный эксперимент.

В статье приведены результаты моделирования действий людей в условиях аварии, позволяющие определить рациональную частоту рассылки сообщений и оценить вклад информирования в реализацию защитных мероприятий. Данные результаты положены в основу рекомендаций по информированию населения в условиях чрезвычайных ситуаций.

В предыдущей статье [1] описана системно-динамическая (поток-уровневая) модель действий населения в зоне заражения аварийно химически опасными веществами (АХОВ) при аварии на химически опасном объекте (ХОО). Предполагалось, что ее применение в различных программных средах позволит определить рациональную частоту рассылки сообщений, реализуемых с помощью различных сервисов сотовой связи, оценить отдельные психофизиологические и психосемантические аспекты «обработки» человеком предупреждающей информации — закономерности ее понимания, усвоения, реализации последующих действий, определить общий вклад в реализацию правильных защитных мер. Скриншот схемы данной модели, представленной в программной среде Anylogic 7.1.2, показан на рис. 1.

Сначала проводились машинные (на ПЭВМ) эксперименты, в которых моделировались потоки погибших и спасенных людей при воздействии на них АХОВ без учета уровня их информированности (без правой части схемы на рис. 1). Из графика на рис. 2 видно, что зависимость количества погибших и спасенных от площадной скорости распространения

АХОВ ($V_{s \text{ АХОВ}}$) имеет линейный характер. Количество спасенных значительно превышает количество погибших по причине незначительных значений концентрации указанных веществ и скорости их распространения.

В последующих машинных экспериментах моделировались потоки людей при воздействии на них АХОВ уже с учетом уровня информированности. Для этого сначала оценивалась зависимость количества погибших и спасенных людей от таких составляющих переменной «вероятность правильных действий», как «вероятность правильного понимания информации» ($P_{\text{пон}}$), «вероятность отвлечения на понимание и усвоение информации» ($P_{\text{отвл}}$), «вероятность усвоения информации» ($P_{\text{усв}}$) и «вероятность успешной само- или взаимопомощи после информирования» ($P_{\text{спас}}$) (см. [1]). При этом потоки сообщений, влияющие на данные вероятности в соответствии с формулами и графиками, приведенными в [1], на данном этапе не реализовывались.

Для оценки указанных зависимостей в разных сериях машинных экспериментов значения одной из указанных составляющих изменялись от 0 до 0,8

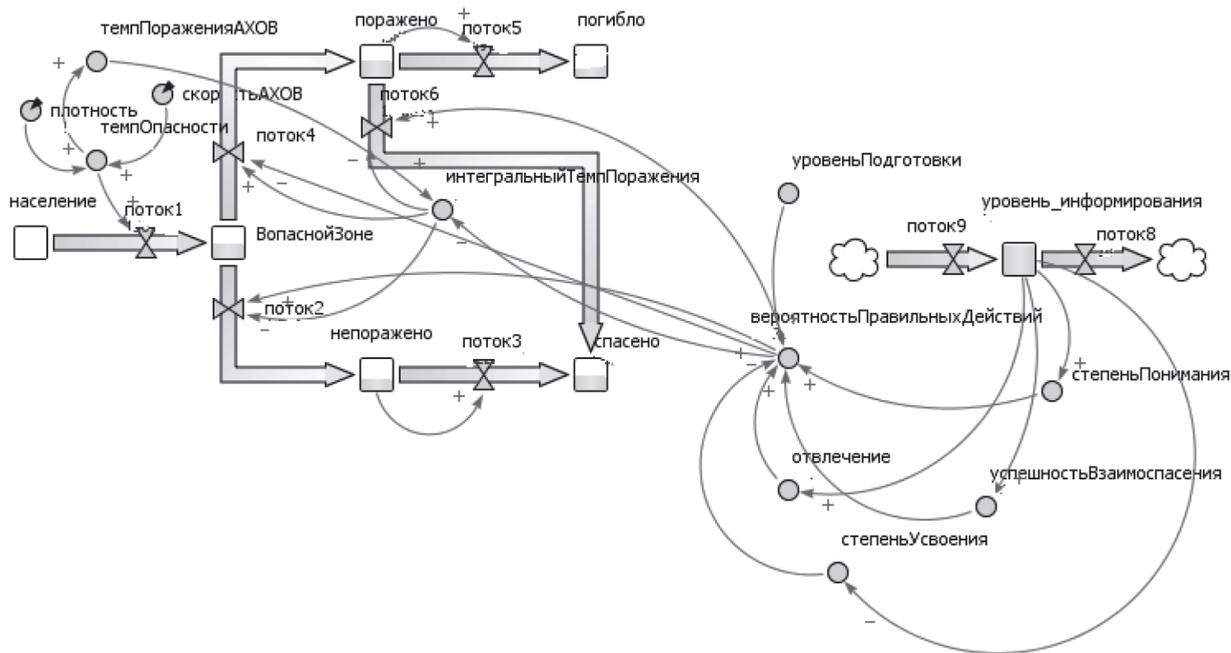


Рис. 1. Скриншот схемы системно-динамической модели действий населения в зоне заражения АХОВ при аварии на ХОО

с шагом 0,1. Одновременно с этим другие составляющие переменной «вероятность правильных действий», а также все остальные входные переменные модели (площадная скорость распространения АХОВ, время его действия и т.п.) фиксировались на определенном уровне, т.е. учитывались в качестве констант. Полученные графики зависимости количества погибших и спасенных людей от различных составляющих вспомогательной переменной «вероятность правильных действий» представлены на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что указанные зависимости однотипные — монотонные, нелинейные (экспоненциальные). При этом количество спасенных возрастает, а погибших уменьшается при росте $P_{\text{пон}}$, $P_{\text{усв}}$, $P_{\text{спас}}$ и уменьшении $P_{\text{отвл}}$. Определенное различие указанных зависимостей заключается в скорости возрастания либо убывания количества погибших и спасенных людей. Так, для значения аргумента (вероятности) 0,8 значения функции примерно равны:

- 800 спасенных и 100 погибших для $P_{\text{пон}}$;
- 700 погибших и 200 спасенных для $P_{\text{отвл}}$;
- 850 спасенных и 50 погибших для $P_{\text{усв}}$;
- 750 спасенных и 150 погибших для $P_{\text{спас}}$.

Поэтому можно заключить, что на переменную «вероятность правильных действий» большее влияние оказывают «вероятность усвоения информации» и «вероятность правильного понимания информации» и меньшее — «вероятность успешной само- или взаимопомощи после информирования» и «вероятность отвлечения на понимание и усвоение информации».

Следующие машинные эксперименты проводились для оценки зависимости количества погибших и спасенных людей от среднего темпа оповещения населения с помощью текстовых сообщений (τ , количество сообщений в единицу времени, ед./ч). Для оценки указанных зависимостей в разных сериях машинных экспериментов значения одной из рассматриваемых составляющих ($P_{\text{пон}}$, $P_{\text{отвл}}$, $P_{\text{усв}}$ или $P_{\text{спас}}$) изменялись в соответствии с потоком сообщений, показанным в правой части схемы на рис. 1. Одновременно с этим другие составляющие переменной «вероятность правильных действий» фиксировались на определенном уровне.

Характер большинства вышеприведенных зависимостей показывает (рис. 4), что есть радио-

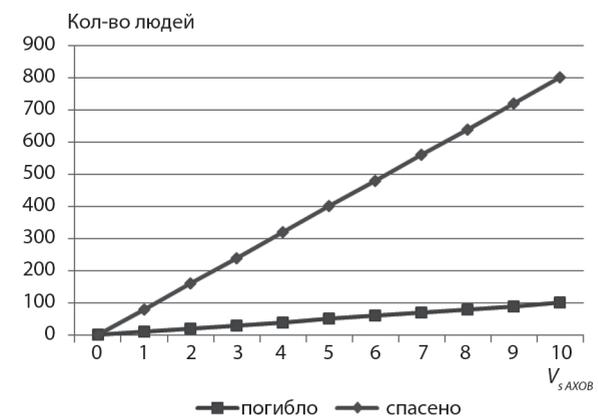


Рис. 2. Зависимость количества погибших и спасенных от площадной скорости распространения АХОВ

Чрезвычайные ситуации Emergency

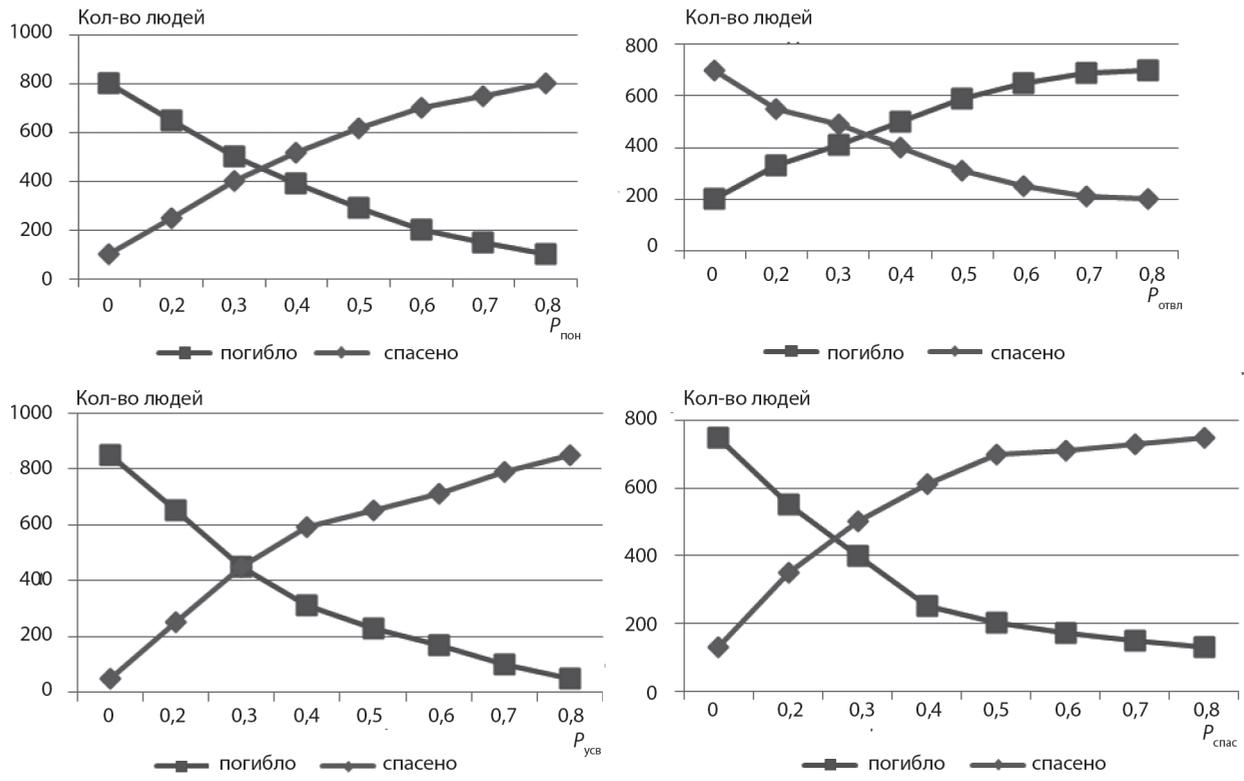


Рис. 3. Зависимость количества погибших и спасенных от составляющих переменной «вероятность правильных действий»

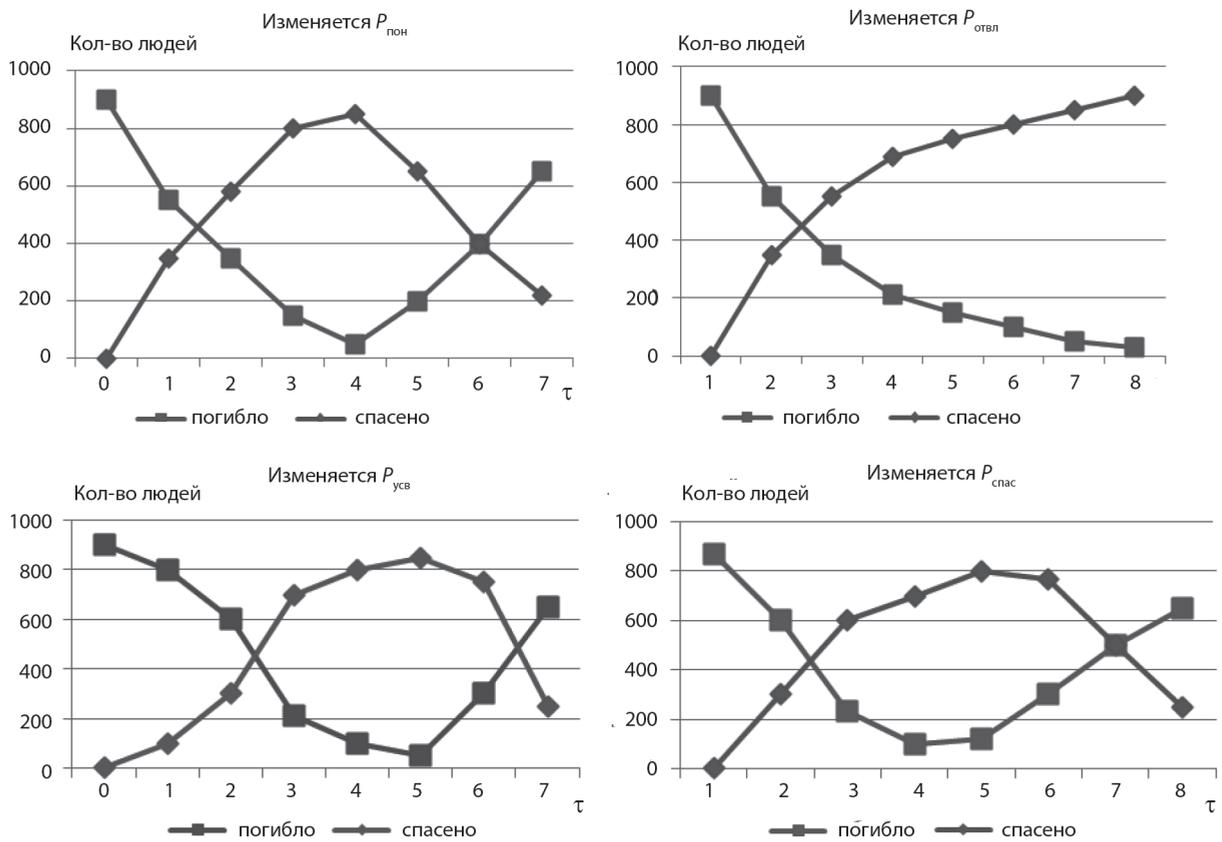


Рис. 4. Зависимость количества погибших и спасенных от количества сообщений в единицу времени

нальное число сообщений в единицу времени, до которого количество погибших снижается и после него растет, а количество спасенных растет и потом снижается. Это связано с тем, что при получении дополнительных сообщений увеличивается количество информации, объясняющей порядок действий при аварии на ХОО, и вероятность правильных действий людей растет. При превышении рационального числа сообщений в единицу времени количество спасенных убывает (количество погибших увеличивается) в связи с тем, что люди получают избыточную информацию, теряются, возникает информационный «шум», который мешает принимать правильные и быстрые решения.

Исключение составляет график «вероятности отвлечения на понимание и усвоение информации». Его интерпретация может быть связана с тем, что чем больше сообщений человек получает, тем больше тратит времени на выполнение защитных мероприятий. При этом в условиях дефицита времени при воздействии поражающих факторов в зоне заражения АХОВ увеличивается количество погибших и уменьшается количество спасенных.

В следующей серии машинных экспериментов оценивалась зависимость количества спасенных от темпа сообщений. Для этого учитывались все входные переменные модели, а также рассмотренные выше составляющие переменной «вероятность безопасных действий» ($P_{пон}$, $P_{отвл}$, $P_{усв}$ и $P_{спас}$), которые изменялись в зависимости от числа сообщений в единицу времени по формулам, приведенным в [1].

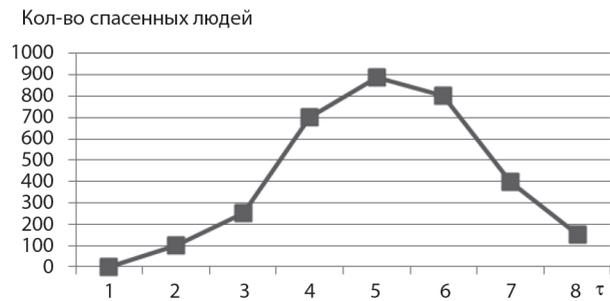


Рис. 5. Зависимость количества спасенных от темпа сообщений

На рис. 5 приведен график зависимости количества спасенных от темпа сообщений.

Из рис. 5 видно, что рациональное число сообщений в единицу времени для площадной скорости распространения АХОВ (соответствующей скорости ветра около 3 м/с) составляет 4 (ед./ч). Чтобы установить рациональное число текстовых сообщений в час при различных параметрах развития аварии на ХОО, зависящих в связи с особенностями модели, в основном от скорости ветра, проводилась очередная серия машинных экспериментов. Из графика на рис. 6, построенного по их результатам, видно, что если площадная скорость распространения АХОВ незначительна (при скорости ветра около 2 м/с), рациональное число составляет 6–8 сообщений в час.

Облако зараженного воздуха распространяется достаточно медленно и люди в спокойной обстановке

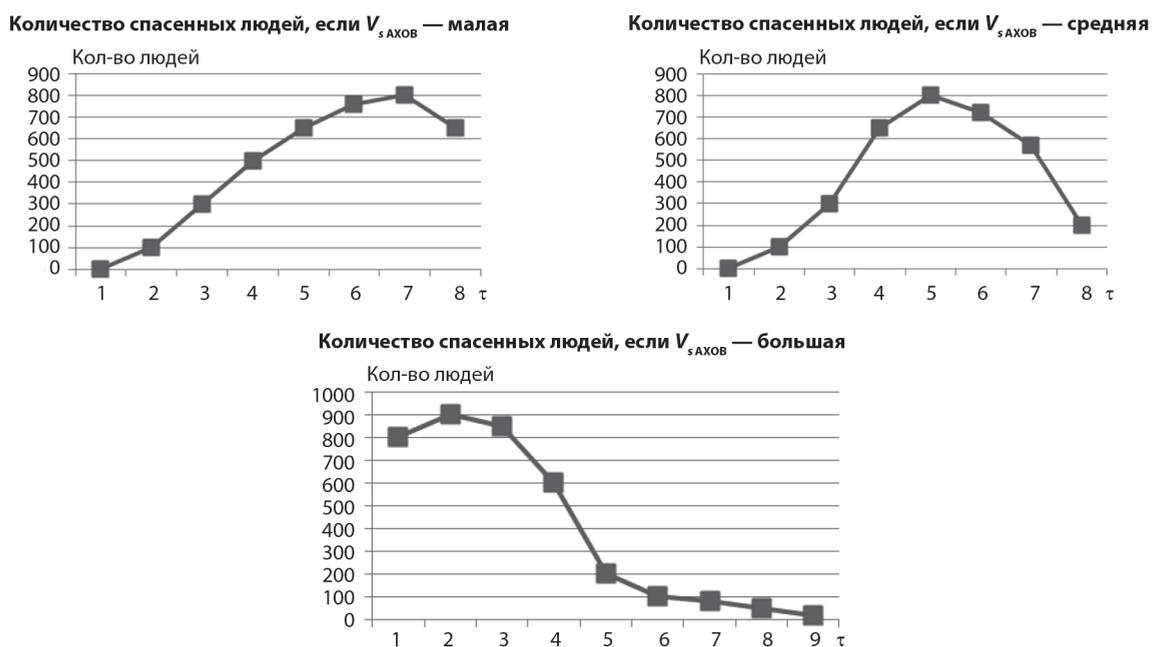


Рис. 6. Зависимость количества спасенных от темпа сообщений с учетом площадной скорости распространения АХОВ

успевают прочитать и усвоить сообщения. При этом скорость изменения параметров обстановки незначительная, поэтому содержание сообщений, отправленных в разное время, не противоречит друг другу.

При увеличении $V_{с_{ахов}}$ (соответствующая скорость ветра около 4 м/с) рациональное число сообщений уменьшается и становится равным 4–6 сообщений в час. И, наконец, при значительной площадной скорости распространения АХОВ (при скорости ветра около 6 м/с), когда поражающие факторы действуют быстро, рациональным числом сообщений может быть 1–2 сообщения в час. С помощью этих сообщений должны доводиться до населения только самые необходимые, первоочередные действия, связанные, например, с эвакуацией в сторону, перпендикулярную направлению движения облака зараженного воздуха, а также с укрытием в подвальных помещениях или на верхних этажах зданий в зависимости

от плотности АХОВ. С учетом сказанного в [2] даны рекомендации по содержанию и частоте доведения сообщений до населения.

Приведенные результаты машинных экспериментов с системно-динамической моделью действий населения в зоне заражения АХОВ при аварии на ХОО с учетом уровня информированности людей позволили оценить влияние закономерностей понимания и усвоения предупреждающей информации на реализацию правильных защитных мер, а также установить рациональную частоту рассылки сообщений, реализуемых с помощью различных сервисов сотовой связи. Это позволило разработать рекомендации по структуре и содержанию текстовых сообщений, содержащих информацию о характере чрезвычайной ситуации, прогнозе ее развития, первоочередных (до прибытия спасательных служб) мерах само- и взаимопомощи населения в условиях опасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дурнев Р.А., Котосонова А.С., Галиуллина Р.Л. Модель информирования населения при аварии на химически опасном объекте: системно-динамический подход // Безопасность в техносфере. 2015. №1.
2. Галиуллина Р.Л. Разработка методических рекомендаций по информированию населения в условиях аварии на химически опасном объекте на базе системно-динамического моделирования: Выпускная квалификационная работа. М., МАТИ-РГТУ им. К.Э.Циолковского, 2015.

REFERENCES

1. Durnev R.A., Kotosonova A.S., Galiullina R.L. Model' informirovaniya naseleniya pri avarii na khimicheski opasnom ob"ekte: sistemno-dinamicheskiy podkhod [Model of informing the population at accident on chemical and dangerous object: system and dynamic approach]. *Bezopasnost' v tekhnosfere* [Safety in technosphere]. 2015, I. 1.
2. Galiullina R.L. *Razrabotka metodicheskikh rekomendatsiy po informirovaniyu naseleniya v usloviyakh avarii na khimicheski opasnom ob"ekte na baze sistemno-dinamicheskogo modelirovaniya* [Development of methodical recommendations on informing the population in the conditions of accidents on chemically hazardous objects based on system dynamics modeling]. Moscow, MATI-RGTU im. K.E.Tsiolkovskogo Publ., 2015.

Informing the Population at Accident on Chemically Dangerous Object: System and Dynamic Modeling Results

R.A. Durnev, Doctor of Engineering, Associate Professor, Deputy Chief, All-Russian Research Institute on Problems of Civil Defence and Emergencies of Emergency Control Ministry of Russia

A.S. Kotosonova, Junior Researcher, All-Russian Research Institute on Problems of Civil Defence and Emergencies of Emergency Control Ministry of Russia

R.L. Galiullina, Laboratory Assistant and Researcher, All-Russian Research Institute on Problems of Civil Defence and Emergencies of Emergency Control Ministry of Russia

The results of modeling of people's actions in the accident conditions allowing to determine the rational frequency for messages mailing and to estimate an informing contribution to protective measures realization of are given in this paper. These results are the basis for recommendations on population informing in the conditions of emergency situations.

Keywords: system and dynamic model, accident, chemically dangerous object, population informing, message, protective actions, modeling, machine experiment.