

УДК 656.08:519.87

DOI: 10.26467/2079-0619-2018-21-3-67-77

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

А.В. ДОРМИДОНТОВ¹, Л.В. МИРОНОВА¹, В.С. МИРОНОВ¹

¹Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева,
г. Ульяновск, Россия

Обеспечение безопасности объектов транспортной инфраструктуры на воздушном транспорте является задачей государственного уровня, как часть обеспечения национальной и общественной безопасности страны. Одним из направлений в данной области является процедура оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и на ее основе разработка рекомендаций по обеспечению их безопасности. Важной составной частью отмеченной задачи является математическое обоснование рекомендаций и их возможная реализация. В статье рассматривается вопрос о возможности применения математической модели противодействия, позволяющей оценивать потенциал нарушителя и потенциал системы безопасности на основе оценочных параметров нарушителя и системы безопасности. За основу математической модели описания характера взаимодействия между составляющими системы «защитник – нарушитель» взята модель, известная как модель конкуренции «хищник – жертва», за параметры модели – количественные показатели качественных характеристик двух систем. Модель представляет собой модифицированную классическую модель конкуренции Лотки – Вольтерры, которая позволяет оценивать изменение уровня формирующейся опасности в отношении ОТИ и уровня защищенности объекта. Проведен анализ возможных состояний данной модели. Описаны управляющие параметры модели. Приведен пример математического аппарата, способного оценивать уровень опасности и уровень защищенности ОТИ, выявлять параметры, при которых уменьшается потенциал системы безопасности, и осуществлять управление данными параметрами. Представленный математический аппарат способен выявить параметры, от которых уменьшается потенциал системы безопасности, и осуществлять управление указанными параметрами. Управление может осуществляться с целью перевода системы из одного устойчивого состояния в другое, сохранения ее работоспособности, увеличения ее жизненного цикла и соответствия современным требованиям к обеспечению безопасности. Корректное использование системы дифференциальных уравнений «защитник – нарушитель» позволяет обосновать конфигурируемую систему безопасности объектов транспортной инфраструктуры на основе заданного уровня безопасности.

Ключевые слова: модель «хищник – жертва», модель противодействия, объект транспортной безопасности, уровень опасности, уровень защищенности, управляющие параметры.

ВВЕДЕНИЕ

В транспортной системе России воздушный транспорт является одним из наиболее привлекательных для реализации социальных угроз (террористических актов) из-за наличия специфических особенностей функционирования авиапредприятий. Террористический акт – это всегда вызов обществу, государству в лице его служб обеспечения безопасности, который требует предупреждающих равносильных защитных мер, поэтому вопросы повышения уровня безопасности воздушного транспорта всегда остаются актуальными.

Одно из главных требований, предъявляемых к системе безопасности объектов транспортной инфраструктуры (далее – ОТИ) воздушного транспорта, – это ее возможность противостоять существующему уровню угрозы, направленной в адрес защищаемого объекта.

На сегодняшний день на ОТИ воздушного транспорта проводится оценка уязвимости. В процессе оценки уязвимости осуществляется разработка рекомендаций по совершенствованию существующей на объекте системы обеспечения безопасности. Такие рекомендации актуальны лишь на момент проведения процедуры и не позволяют определить сроки эффективной работы системы. Разработка рекомендаций без определенной периодичности является не перспективной, а ретроспективной мерой обеспечения безопасности. Таким образом, нельзя быть уверенным, что

система обеспечения авиационной (транспортной) безопасности с неопределенным временным диапазоном эффективной работы по истечении времени сможет характеризоваться как качественная и готовая отразить все угрозы в адрес защищаемого объекта. Исходя из изложенного, существует проблема, которая заключается в отсутствии на ОТИ системы своевременной корректировки оценки уровня авиационной (транспортной) безопасности. Кроме того, отсутствует конкретный математический аппарат методики оценки уровня безопасности и, как следствие, необходимого на ОТИ элемента системы управления авиационной (транспортной) безопасностью, работа которого направлена на качественный своевременный анализ как собственной системы обеспечения безопасности, так и всех возможных угроз, направленных на конкретный объект.

В связи с поставленной проблемой цель настоящего исследования – применить математический аппарат «хищник – жертва» в качестве основы для дальнейшей разработки математической модели противодействия нарушителя и службы безопасности на ОТИ воздушного транспорта.

Исходя из поставленной цели, решаются следующие задачи:

- 1) на основе качественного исследования дифференциальных уравнений описать модель антагонистического противодействия нарушителя и системы безопасности (далее – модель «защитник – нарушитель»);
- 2) определить, при каких управляющих параметрах модель принимает устойчивое состояние;
- 3) определить, от каких параметров зависит данное состояние, с целью дальнейшего управления системой;
- 4) определить расположение системы относительно ближайшей точки стационара модели, при котором система безопасности будет готова перейти на качественно новый уровень;
- 5) определить потенциальные возможности данной модели применительно к системе обеспечения авиационной (транспортной) безопасности.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ «ЗАЩИТНИК – НАРУШИТЕЛЬ» И ЕЕ АНАЛИЗ

Рассматривая взаимоотношения системы безопасности ОТИ и нарушителя, можно предположить, что они подобны взаимоотношениям хищника с жертвой, между которыми всегда ведется антагонистическое противостояние. Обратим внимание на характер эволюции хищников и жертв. Уровень эволюционного развития жертвы соответствует уровню развития хищника, так как отставание в развитии может привести к вымиранию численности вида. Подобно отношениям «хищник – жертва», эволюция нарушителя (разработка новых методов, средств, способов совершения акта незаконного вмешательства) неизбежно влечет эволюцию системы безопасности ОТИ (разработка новых приемов, способов, методов противостояния нарушителю). Исходя из вышеизложенного, в настоящем исследовании за основу математической модели описания характера взаимодействия между составляющими системы «защитник – нарушитель» взята модель, известная как модель конкуренции «хищник – жертва», за параметры модели – количественные показатели качественных характеристик двух систем.

Описанием характера взаимодействия двух конкурирующих видов занимались такие ученые, как Мальтус, Форрестер, Ферхюльст, Пирл и другие. Классической моделью конкуренции является модель, предложенная Альфредом Джеймсом Лоткой и Вито Вольтеррой в 1925 и 1926 годах соответственно [1, 2]. На сегодняшний день модель имеет множество модификаций, достаточно широкую область применения и используется для описания многих конкурирующих процессов, в том числе процесса борьбы с преступностью.

Классическая модель конкуренции Лотки – Вольтерры в логарифмическом виде описывается следующим образом:

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = aN_1 - bN_1N_2; \\ \frac{dN_2}{dt} = -cN_2 + dN_2N_1, \end{cases} \quad (1)$$

где N_1 – численность жертв, N_2 – численность хищников, a – коэффициент рождаемости жертвы, b – коэффициент влияния хищника на жертву (коэффициент хищничества), c – коэффициент смертности хищника, d – коэффициент влияния жертвы на хищника.

Система уравнений основана на следующих идеализированных допущениях:

- при отсутствии хищников жертвы экспоненциально размножаются;
- при отсутствии жертв хищники экспоненциально вымирают;
- слагаемые, пропорциональные произведению N_1N_2 рассматриваются как результат

встречи хищника с жертвой и состоят в уменьшении скорости прироста численности жертвы на величину, пропорциональную численности хищников [3].

Процесс, описываемый классической моделью Лотки – Вольтерры, носит циклический характер. Графически его можно описать как точку с координатами (N_1, N_2) , движущуюся вдоль некоторой замкнутой фазовой траектории вокруг точки равновесия, положение которой зависит от параметров модели (рис. 1). На данном фазовом портрете видно, что при заданном начальном соотношении числа жертв к хищникам 20:8 популяция жертв начинает убывать (N_1), а популяция хищников возрастать (N_2). В момент времени, при котором соотношение $N_1 : N_2$ равно 6:16, популяция жертв находится в таком положении, при котором рост численности хищников невозможен. Следовательно, число хищников начинает уменьшаться вместе с сокращением числа жертв.

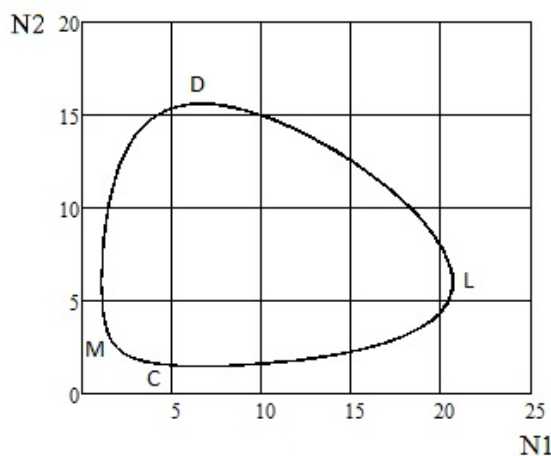


Рис. 1. Фазовый портрет системы Лотки – Вольтерры
Fig. 1. Phase space plot the Lotka-Volterra equations

Сокращение популяций жертв происходит до тех пор, пока соотношение $N_1 : N_2$ не достигнет точки М (2;4). С этого момента начинает расти популяция жертв, через некоторое время количества жертв становится достаточно, чтобы обеспечить прирост хищников, обе популяции растут. Увеличение численности и жертв, и хищников происходит до тех пор, пока жертвы не начнут убывать в результате их истребления хищниками. На фазовой кривой в точке М число жертв достигает наименьшего значения, в точке L – пика своей численности. То же самое происходит и с численностью хищников в точках С и D соответственно. Таким образом, процесс повторяется вновь (рис. 2).

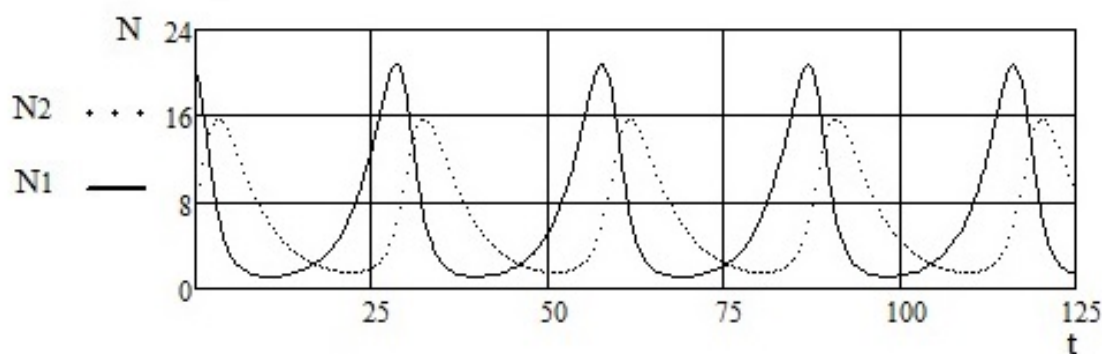


Рис. 2. График динамики численности популяций в системе Лотки – Вольтерры
Fig. 2. Frequency plot the Lotka-Volterra equations

В модели Лотки – Вольтерры имеется состояние системы, называемое стационарным, при котором соотношения коэффициентов (управляющих параметров) равны: $N_1 = \frac{c}{d}$; $N_2 = \frac{a}{b}$. Стационарным называется состояние, при котором численности популяций не изменяются во времени [4].

Стоит отметить, что модель идеализирована и составляет основу для исследования динамики численности хищников и жертв, а также отображает характер их взаимодействия. Анализируя графическое решение системы двух взаимосвязанных дифференциальных уравнений, можно сделать вывод о состоянии системы в рассматриваемый момент времени.

Заметим, что присутствует запаздывающий характер реакции хищников на изменение численности популяции жертв. Данный характер имеет место в процессе обеспечения безопасности ОТИ, если в качестве хищника рассматривать систему безопасности, а в качестве жертвы – нарушителя. В качестве примера такого процесса можно рассмотреть ответные меры обеспечения безопасности по объявлению уровня безопасности на защищаемом ОТИ, который устанавливается на основании изменения степени угрозы совершения акта незаконного вмешательства в деятельность транспортного комплекса¹. Данный пример дает основание предположить о возможности применения модели Лотки – Вольтерры в системе обеспечения безопасности объектов транспортной инфраструктуры.

Применение модели «хищник – жертва» и ее модификаций в системах обеспечения информационной безопасности проводили такие современные исследователи, как В.А. Минаев, М.П. Сычев, Е.В. Вайц, Ю.В. Грачева, А.О. Мишури и другие; в системах обеспечения безопасности на магистральных трубопроводах – А.А. Пятков, Б.Н. Елифанцев.

Авторами предлагается использовать данную модель противодействия в качестве основы при разработке математической модели «защитник – нарушитель».

Для того чтобы применить предложенный математический аппарат, необходимо использовать методики количественного описания качества процессов в обеспечении безопасности, разработка которых в настоящее время имеет особый практический интерес. Данная проблема углубленно рассматривается Ю.Б. Михайловым, который в своем научном издании «Научно-методические основы обеспечения безопасности защищаемых объектов» приводит основные количественные показатели системы обеспечения безопасности. Методики расчета описанных Ю.Б. Михайловым количественных показателей целесообразно использовать в настоящем исследовании характера взаимодействия между защитником и нарушителем [5, 6].

¹ Постановление Правительства РФ от 10.12.2008 № 940 «Об уровнях безопасности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств и о порядке их объявления (установления)».

Согласно совместному Приказу Минтранса РФ, ФСБ РФ и МВД РФ² существует девять потенциальных угроз совершения акта незаконного вмешательства на воздушном транспорте. Уточним, что моделирование необходимо проводить по каждому виду угрозы в отдельности. Перечень угроз, используемый в настоящем исследовании, проанализирован авторами в ранее опубликованной статье [7].

Модель «защитник – нарушитель» представляет собой систему дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = aN_1 - bN_1N_2; \\ \frac{dN_2}{dt} = -cN_2 + dN_2N_1 - jN_2^2. \end{cases} \quad (2)$$

В своей работе В.И. Арнольд определяет «жесткие» и «мягкие» модели, а также тот факт, что для безошибочного использования «жесткой» модели Лотки – Вольтерры (1) необходима дополнительная информация в виде малых поправок в правых частях уравнений, учитывающих внутривидовую конкуренцию [8]. Математическая модель «защитник – нарушитель» должна отличаться от «идеализированной, жесткой» модели введением во второе уравнение поправочного коэффициента j , учитывающего «внутривидовую конкуренцию».

Определим физический смысл составляющих модели «защитник – нарушитель».

Как было отмечено ранее, если в качестве хищника рассматривать систему безопасности, а в качестве жертвы – нарушителя, то следует вывод, что первое выражение системы (2) характеризует потенциал нарушителя, а второе – потенциал системы безопасности. Такой потенциал в количественном эквиваленте может выражаться как уровень формирующейся опасности в отношении ОТИ воздушного транспорта и уровень защищенности системы обеспечения безопасности соответственно.

В свете таких рассуждений параметр $\frac{dN_1}{dt}$ характеризует скорость изменения уровня формирующейся опасности для ОТИ воздушного транспорта (потенциала нарушителя, его активность), а выражение $\frac{dN_2}{dt}$ – скорость изменения уровня защищенности ОТИ воздушного транспорта от угрозы нарушителя (потенциал системы безопасности) за конкретный промежуток времени. Зависимости $N_1(t)$ и $N_2(t)$ отображаются на графике. Отметим, что интерес представляет не численное значение скоростей, а точки перегиба, в которых имеют место качественные изменения системы «защитник – нарушитель».

Определение параметров в системе «защитник – нарушитель», представляющее самостоятельную научную задачу, осуществляется методом экспертных оценок, что является перспективной для дальнейших исследований. Частота определения коэффициентов модели соизмерима с периодом на графике и для конкретного ОТИ индивидуальна (в зависимости от категории ОТИ).

Решением данной системы является график, показывающий изменение уровня опасности и уровня защищенности ОТИ за выбранный промежуток времени. Однако в результате ввода в систему поправочного коэффициента j получаем модель с логистической поправкой, которая используется для описания характера взаимодействия двух видов с учетом существования

² Приказ Минтранса РФ, ФСБ РФ и МВД РФ от 05.03.2010 № 52/112/134 «Об утверждении перечня потенциальных угроз совершения актов незаконного вмешательства в деятельность объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств».

определенных ограничений. Данный параметр должен учитывать ограниченность средств, выделяемых на обеспечение безопасности. График представляет собой затухающие колебания (график идеализированной модели – гармонические колебания), результатом которых является стационарное состояние и отсутствие изменения параметров (рис. 3).

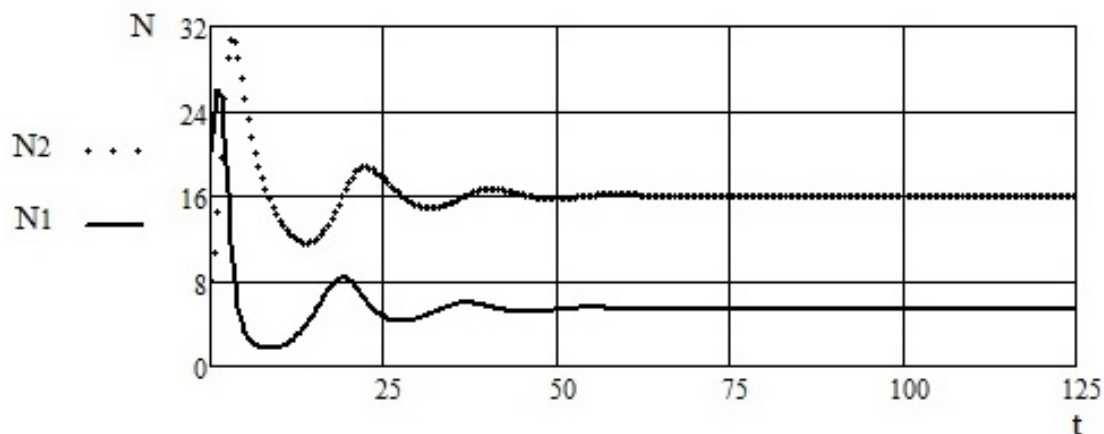


Рис. 3. График модели «защитник – нарушитель» с логистической поправкой
Fig. 3. Frequency plot the Defender-offender equations with a logistic modification

Стационарное состояние авторы выделяют как состояние, при котором отсутствует изменение уровня опасности и уровня защищенности объекта безопасности. Это означает, что система безопасности справляется с возложенными на нее задачами и блокирует возможные сценарии незаконного вмешательства. Однако любое изменение управляющих параметров системы – коэффициентов – отразится на графике, который покажет, что система вышла из стационарного состояния. Колебания на вновь сформированном графике покажут, что необходимо изменять параметры, приводить систему в новое стационарное состояние, при котором возникающая угроза блокируется своевременным решением повышения уровня защищенности. Следует отметить, что реальные модели могут лишь максимально приблизиться к стационарному состоянию, но никогда не достигнут его.

Рассмотрим пример работы модели «защитник – нарушитель». Возьмем условный объект транспортной инфраструктуры. Предположим, что система «защитник – нарушитель» находится в стационарном состоянии, результатом которого является отсутствие изменения уровня защищенности (рис. 4).

Значения коэффициентов модели, рассчитанные экспертным методом, приведены в табл. 1.

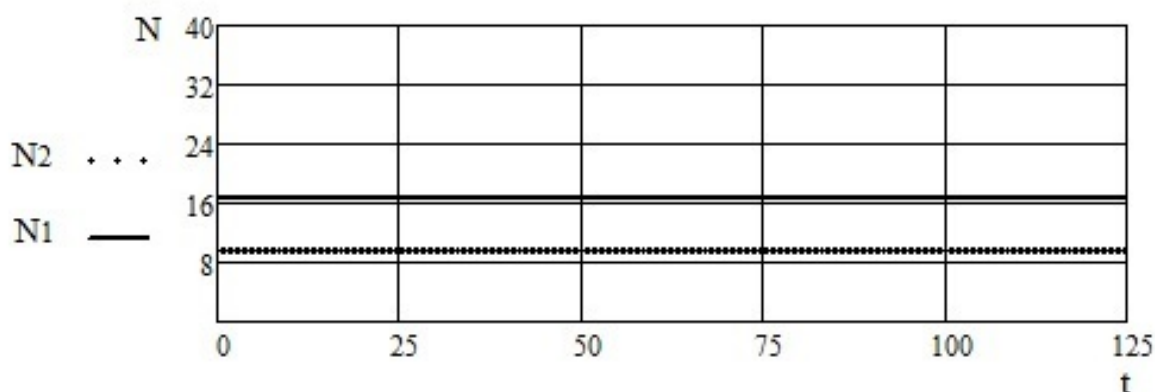


Рис. 4. График модели «защитник – нарушитель», показывающий стационарное состояние
Fig. 4. Frequency plot of stability condition the Defender-offender equations

Таблица 1
Table 1

Экспертные значения параметров модели «защитник – нарушитель»
The expert model parameters the Defender-offender

Параметр модели	Значение
A	0,60
B	0,0625
C	0,40
D	0,030
J	0,010
N_1	16,53
N_2	9,60

Проверка (перерасчет) параметров модели осуществляется с периодичностью, соизмеримой с периодом на графике индивидуально для конкретного ОТИ при приближении системы к прогнозируемой точке перегиба. Таким образом, в результате действия дестабилизирующего фактора система выходит из стационарного состояния, и изменяется соответствующий коэффициент, который, как отмечено, определяется экспертным путем, а также изменяется график взаимодействия – происходят соответствующие колебания, показывающие, что система вышла из стационарного состояния и необходимо принятие мер со стороны службы безопасности для скорейшего возврата системы в стационарное состояние, прежде чем реализуется негативное воздействие (рис. 5).

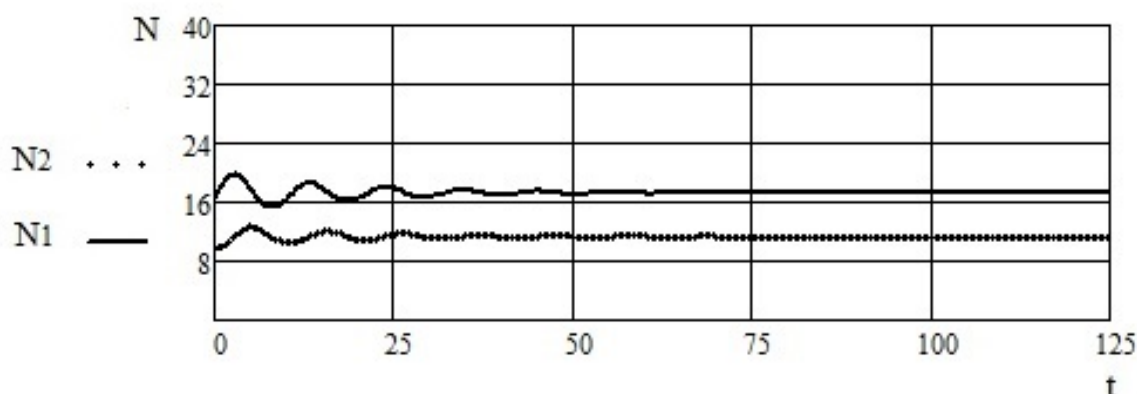


Рис. 5. График модели «защитник – нарушитель», показывающий повышение уровня угрозы
Fig. 5. Frequency plot of the increase threat level the Defender-offender equations

Таким образом, для возвращения системы в стационарное состояние, но уже с измененной системой безопасности в ответ на изменившуюся угрозу, необходимо увеличить потенциал системы, изменить количество и качество мер защиты системы безопасности, которые определяются по результатам анализа коэффициентов системы дифференциальных уравнений (рис. 6, табл. 2).

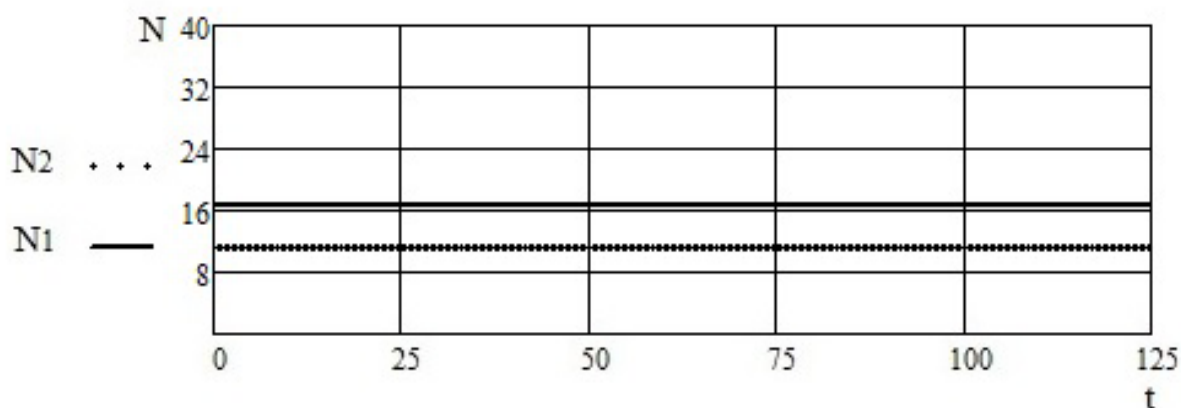


Рис. 6. График модели «защитник – нарушитель», показывающий стационарное состояние на новом качественном уровне
Fig. 6. Frequency plot of stability condition the Defender-offender equations at a new qualitative level

Таблица 2
Table 2

Экспертные значения параметров модели «защитник – нарушитель»
The expert model parameters the Defender-offender

Параметр модели	Значение
<i>A</i>	0,70
<i>B</i>	0,0625
<i>C</i>	0,40
<i>D</i>	0,031
<i>J</i>	0,010
<i>N₁</i>	16,53
<i>N₂</i>	11,20

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в работе описана гипотетическая модель антагонистического противостояния системы «защитник – нарушитель» на примере модели «хищник – жертва». Определено, при каких параметрах система принимает стационарное состояние. Представлен пример перехода системы взаимодействия из одного стационарного состояния в другое.

Предполагается, что модель «защитник – нарушитель» позволит оценивать уровень формирующейся опасности для ОТИ воздушного транспорта (потенциал нарушителя) и уровень защищенности ОТИ воздушного транспорта от угроз нарушителя (потенциал системы безопасности) на основе оценочных параметров взаимодействия нарушителя и системы безопасности.

Представленный математический аппарат способен выявить параметры, от которых уменьшается потенциал системы безопасности, и осуществлять управление указанными параметрами. Управление может осуществляться с целью перевода системы из одного устойчивого состояния в другое, сохранения ее работоспособности, увеличения ее жизненного цикла и соответствия современным требованиям к обеспечению безопасности. Кроме этого, представлен

ный математический аппарат может служить основанием для разработки конфигурируемых систем безопасности на основе заданного уровня безопасности. Вопрос конфигурирования системы безопасности представлен к исследованию в зависимости от возможностей системы, в том числе синергетической составляющей, как результат комплексного взаимодействия организационной, материально-технической и людской составляющих.

Не стоит отрицать, что представленная модель требует доказательства гипотезы об аналогии исследуемых процессов с эволюционными процессами, описываемыми моделью «хищник – жертва», в чем и заключаются дальнейшие исследования авторов наряду с конкретным определением управляющих параметров модели «защитник – нарушитель». Кроме того, обязательно подтверждение валидности применения предлагаемой математической модели путем проведения эксперимента. В то же время без выдвижения гипотезы о возможности применения рассматриваемой модели решение отмеченных задач представляется неактуальным.

Можно сделать вывод о том, что представленный подход к оценке уровня безопасности системы противодействия нарушителю может быть применен к системе обеспечения безопасности ОТИ воздушного транспорта. Результатом применения математической модели «защитник – нарушитель» является возможность постоянного анализа состояния системы безопасности, а также своевременное реагирование на возникающие угрозы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Lotka A.** Elements of Physical Biology. Baltimore, 1925: reprinted by Dover in 1956 as Elements of Mathematical Biology.
2. **Вольтерра В.** Математическая теория борьбы за существование: пер. с франц. М.: Наука: Глав. ред. физико-математической лит-ры, 1976. 288 с.
3. **Трубецков Д.И.** Феномен математической модели Лотки – Вольтерры и сходных с ней // Изв. вузов «ПНД». 2011. Т. 19, № 2. С. 69–88.
4. **Пляцук Л.Д., Черныш Е.Ю.** Синергетика: нелинейные процессы в экологии: монография. Сумы: СумГУ, 2016. 229 с.
5. **Михайлов Ю.Б.** Научно-методические основы обеспечения безопасности защищаемых объектов. М.: Горячая линия – Телеком, 2016. 322 с.
6. **Волынский-Басманов Ю.М., Михайлов Ю.Б.** Некоторые замечания и предложения к Методическим рекомендациям по проведению оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств воздушного транспорта // Транспортная безопасность и технологии. 2012. № 1(28). С. 102–107.
7. **Dormidontov A.V., Kuzovatkina L.V.** Systematic approach to the process of threats implementation on transportation facilities // Modern Science: scientific publications journal. 2017. № 02. Pp. 32–38.
8. **Арнольд В.И.** «Жесткие» и «мягкие» модели. М.: МЦНМО, 2004. 32 с.
9. **Lanchester F.** Aircraft in warfare: The down of the fourth arm. London, Constable, 1916.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дормидонтов Александр Викторович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры обеспечения авиационной безопасности Ульяновского института гражданской авиации, d1959av@mail.ru.

Миронова Лидия Владимировна, аспирант Ульяновского института гражданской авиации, oabuvauga@mail.ru.

Миронов Василий Сергеевич, аспирант Ульяновского института гражданской авиации, oabuvauga@mail.ru.

POSSIBILITY OF THE MATHEMATICAL MODEL OF COUNTERACTION APPLICATION TO THE ASSESSMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE SECURITY LEVEL

Alexander V. Dormidontov¹, Lidiya V. Mironova¹, Vasiliy S. Mironov¹
¹*Ulyanovsk Civil Aviation Institute, Ulyanovsk, Russia*

ABSTRACT

The air transport infrastructure objects security is the state level problem as the part of national and public security of the country. One of the directions in this field is the vulnerability assessment procedure for transport infrastructure objects and on the basis of this procedure the elaboration of ensuring their safety recommendations takes place. The mathematical substantiation of recommendations and their possible implementation is an important part of the marked problem. The possibility of mathematical model of counteraction application, which assesses the offender's potential and the security's potential based on evaluative dimensions of the offender and the security system, is under consideration. Assume as a basis the mathematical description model of interaction nature between defender-offender system components, the model known as the competition predator-prey model with quantitative qualitative characteristic parameters of the two systems is taken. The model is modified classical model of Lotka-Volterra competition, which allows us to estimate changes in the danger level formation with reference to the transport infrastructure object and the object security level. The analysis of possible model states is made. The control parameters of the model are described. The mathematical apparatus, which is able to evaluate the danger level, the level of transport infrastructure objects protection, to reveal parameters reducing security system potential and to perform the control parameters data is given. The presented mathematical model identifies the parameters which reduce the security system potential and controls these parameters. The management can be carried out for the purpose of system transfer from one steady state to another, preservation of its operability, increase of its operation cycle and compliance to modern safety requirements. The system of Defender-offender equations correct usage allows us to justify the configurable security system of transport infrastructure objects on the basis of the specified security level.

Key words: the competition predator-prey model, counteraction model, transport infrastructure object, danger level, security level, the control parameters.

REFERENCES

1. **Lotka, A.** (1925). *Elements of Physical Biology*. Baltimore. Reprinted by Dover in 1956 as *Elements of Mathematical Biology*.
2. **Volterra, V.** (1976). *The Mathematical theory of the struggle for existence*. Moscow: Nauka, Home edition physical and mathematical literature, 288 p.
3. **Trubeckov, D.I.** (2011). *Fenomen matematicheskoy modeli Lotki – Vol'terry i skhodnyh s nej* [Phenomenon of Lotka-Volterra mathematical model and similar models]. Proceedings of the universities "PND", no 2, pp. 69–88. (in Russian)
4. **Plyacuk, L.D. and Chernysh, Ye.Yu.** (2016). *Sinergetika: nelinejnye processy v ehkologii: monografiya* [Synergetics: nonlinear processes in ecology: monograph]. Sumy: Sumy State University, 229 p. (in Russian)
5. **Mihajlov, Yu.B.** (2016). *Nauchno-metodicheskie osnovy obespecheniya bezopasnosti zashchishchaemyh ob"ektov* [Scientific-methodical bases of protected objects safety]. Moscow Hotline – Telecom, 322 p. (in Russian)
6. **Volynskij-Basmanov, Yu.M. and Mihajlov, Yu.B.** (2012). *Nekotorye zamechaniya i predlozheniya k Metodicheskim rekomendacijam po provedeniyu ocenki uyazvimosti ob"ektov transportnoj infrastruktury i transportnyh sredstv vozdushnogo transporta* [Some remarks and proposals to the Methodic recommendations on conducting vulnerability assessments of transport infrastructure and vehicles of air transport]. Transport safety and technology, no. 28(1), pp. 102–107. (in Russian)

7. **Dormidontov, A.V. and Kuzovatkina, L.V.** (2017). *Systematic approach to the process of threats implementation on transportation facilities*. Modern Science: scientific publications journal, no. 02, pp. 32–38. (in Russian)
8. **Arnol'd, V.I.** (2004). «*Zhestkie*» i «*myagkie*» modeli ["Hard" and "soft" model]. Moscow: MCNMO, 32 p. (in Russian)
9. **Lanchester, F.** (1916). *Aircraft in warfare: The down of the fourth arm*. London, Constable.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexander V. Dormidontov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Aviation Security Chair, Ulyanovsk Civil Aviation Institute, d1959av@mail.ru.

Lidiya V. Mironova, Postgraduate Student of Ulyanovsk Civil Aviation Institute, oabuvauga@mail.ru.

Vasiliy S. Mironov, Postgraduate Student of Ulyanovsk Civil Aviation Institute, oabuvauga@mail.ru.

Поступила в редакцию 21.12.2017
Принята в печать 15.05.2018

Received 21.12.2017
Accepted for publication 15.05.2018