

УДК 331.467.330.138.1

DOI 10.23947/2541-9129-2017-4-46-63

**ОБОСНОВАНИЕ ТРАВМОБЕЗОПАСНОСТИ ВОЛЕЙБОЛИСТОВ НА ПРИМЕРЕ СБОРНОЙ КОМАНДЫ ДГТУ***Н. С. Маматченко, Ю. В. Есипов*Донской государственный технический университет,  
Ростов-на-Дону, Российская Федерация[voleybol1.94@mail.ru](mailto:voleybol1.94@mail.ru)[yu-yesipov5@yandex.ru](mailto:yu-yesipov5@yandex.ru)

Объектом исследования является учебно-тренировочный процесс подготовки волейболистов сборной команды ДГТУ. Разработаны алгоритм количественной оценки возможности травмирования и обоснование мероприятий по упреждению травм в ходе подготовки и проведения соревнований волейболистов. Проанализированы статистические данные о типовых травмах волейболистов и о вероятных условиях их возникновения; выбраны и изучены причины, признаки и показатели типовых травм волейболистов сборной команды ДГТУ; получены численные значения индивидуального риска травмирования волейболистов сборной команды ДГТУ; разработаны технические предложения по индивидуальным средствам защиты волейболистов ДГТУ.

**Ключевые слова:** волейбол, амплуа, травма, логическая модель, параметрическая модель, нечеткая мера, вероятность, булева алгебра, интегральный риск.

**Введение.** Важной составной частью государственной социально-экономической политики в России является развитие массовой физической культуры населения и спорта высших достижений. Достойное выступление российских спортсменов на Олимпийских играх и других крупнейших международных соревнованиях является одним из приоритетных направлений государственной политики. Все вышеизложенное в полной мере относится и к спортсменам, занимающимся волейболом.

Волейбол — это вид спорта, в процессе занятий которым развиваются такие качества как прыгучесть, быстрота, ловкость, выносливость,

UDC 331.467.330.138.1

DOI 10.23947/2541-9129-2017-4-46-63

**JUSTIFICATION OF INJURY RISK OF VOLLEYBALL PLAYERS ON THE EXAMPLE OF DSTU COMBINED TEAM***N. S. Mamatchenko, Yu. V. Esipov*Don State Technical University, Rostov-on-don,  
Russian Federation[voleybol1.94@mail.ru](mailto:voleybol1.94@mail.ru)[yu-yesipov5@yandex.ru](mailto:yu-yesipov5@yandex.ru)

The object of the research is training process of volleyball players of DSTU combined team. The article provides the algorithm of quantitative assessment of injuries and the justification of measures for injuries prevention during training and competitions of volleyball players. It analyzes statistical data on typical volleyball players' injuries and probable conditions of their occurrence. The authors have selected and studied the causes, signs and indicators of typical injuries of DSTU volleyball combined team. They have obtained the numerical values of individual risk of volleyball players' injury of DSTU combined team; have developed technical proposals for personal protective equipment for DSTU volleyball players.

**Key words:** volleyball, role, injury, logical model, parametric model, fuzzy measure, probability, Boolean algebra, integrated risk.

**Introduction.** The development of general physical culture and high performance sport is an important part of state social and economic policy in Russia. Worthy performance of Russian sportsmen at the Olympic games and other major international competitions is one of the priority directions of state policy. All of the above mentioned fully applies to volleyball sportsmen.

Volleyball is a sport in which people develop such qualities as jumping ability, speed, agility, endurance, ability to instantly react under diffi-

умение мгновенно ориентироваться в сложной обстановке [1]. Волейбол позволяет воспитывать у спортсменов уверенность в своих силах, настойчивость, упорство, закаляет волю и характер.

Анализ травматизма волейболистов свидетельствует об отсутствии профилактики и управления физическим состоянием спортсменов. Волейболист может получить как острую, так и усталостную травму, вызванную регулярными микротравмами тканей [2]. Острые травмы волейболисты чаще всего получают на пальцах и лодыжках (соответственно 97 % и 86 % от всего количества травм). Для плеч и коленей типичными являются усталостные травмы (90 % и 88 % соответственно). На играх спортсмены получают в основном острые травмы (74 % от всех случаев травмирования), а на тренировках — оба вида травм, но преимущественно усталостные (55 %) [3]. Типичными травмами для лодыжек являются растяжения связок в голеностопном суставе [4], для пальцев — их переломы. Также довольно часто встречаются бурситы — воспаления синовиальных сумок, которые сопровождаются повышенным образованием и накоплением в их полостях жидкости (экссудата).

В ходе анализа литературы авторам не удалось обнаружить работы, которые бы раскрывали методику организации и проведения специальной физической подготовки волейболистов в целях количественного оценивания и предупреждения травматизма.

Целью работы является разработка алгоритма количественной оценки возможности травмирования и обоснование мероприятий по предупреждению травм в ходе подготовки и проведения соревнований по волейболу. Таким образом, актуальность исследования обусловлена отсутствием научно обоснованной методики специальной физической подготовки волейболистов с целью профилактики травматизма.

cult circumstances [1]. Volleyball allows sportsmen to bring in confidence, determination, tenacity, tempers will and character.

The analysis of injuries of volleyball players shows the lack of prevention and management of physical condition of sportsmen. A player can get both acute and fatigue injury caused by regular microtraumas of tissues [2]. Volleyball players often get acute injuries on fingers and ankles (respectively 97% and 86% of the total number of injuries). For shoulders and knees, fatigue injuries are typical (90% and 88 %, respectively). At games sportsmen get mostly acute injuries (74 % of all cases of injury), and during training — both kinds of injuries, but mostly fatigue ones (55 %) [3]. Typical injuries to ankles are sprains of ankle joints [4], to fingers — their fractures. Bursitis are also quite common — inflammation of synovial bursas, which are accompanied by the increased formation and accumulation of fluid (exudate) in cavities.

Having analyzed the literature the authors were unable to find papers, which could show the methodology of organization and conducting of special physical training of volleyball players in order to have quantitative evaluation and prevention of injuries.

The aim of this work is to develop an algorithm of quantitative assessment of injuries and substantiation of measures for injuries prevention during volleyball training and competition. Thus, the research urgency is caused by the lack of scientifically justified methods of special physical preparation of volleyball players in order to prevent injuries.

**Формулировка задачи.** Для предупреждения травматизма в процессе специальной физической подготовки волейболистов авторы предлагают последовательное осуществление тренировочных воздействий с использованием специальных средств, направленных на преимущественное развитие гибкости, укрепление связочно-мышечного аппарата суставов и позвоночника, увеличение силы мышц и тканевой адаптации к нагрузке, развитие выносливости, укрепление суставных сумок, связочно-мышечного аппарата конечностей и туловища. Это позволит повысить уровень физического состояния спортсменов, укрепить их связочно-мышечный аппарат, нивелировать силу воздействия факторов, определяющих высокий травматизм у волейболистов и, тем самым, будет способствовать снижению количества травм в процессе дальнейшей спортивной карьеры волейболистов.

Настоящее исследование состоит из рассмотрения следующих этапов или задач:

- 1) локализация травм в волейболе;
- 2) анализ получения типовых травм волейболистов сборной команды ДГТУ;
- 3) логико-возможностная оценка травмирования волейболистов на примере блокирующего.

**1. Локализация травм в волейболе.** В таблице 1 приведены результаты 13 исследований травм в волейболе за период с 1981 по 2006 год. Результаты существенно отличаются по методике исследования, количеству участников и продолжительности наблюдения, однако в них можно проследить общую тенденцию. По результатам выделяются 4 основные травмы, характерные для волейбола (таблица 1), — травмы лодыжки, колена, плеча и пальцев.

**Problem definition.** To prevent injuries in special physical training of volleyball players, the authors propose a sequential implementation of training effects with the use of special equipment aimed at priority development of flexibility, strengthening of muscular-ligamentous apparatus of joints and spine, increased muscle strength and tissue adaptation to stress, development of endurance, strengthening of joint bursas, ligamentous-muscular apparatus of limbs and body. This will allow sportsmen to improve physical condition, to strengthen the ligamentous-muscular apparatus, to neutralize the influence of the factors that determine the high injury rate for volleyball players and thus will help to reduce the number of injuries in further sports career of volleyball players.

The present study consists of a consideration of the following steps or tasks:

- 1) localization of injuries in volleyball;
- 2) analysis of typical injuries of volleyball players of DSTU combined team;
- 3) logical-possibilistic assessment of volleyball players' injuries on the example of a blocker.

**1. The localization of injuries in volleyball.** Table 1 shows the results of 13 studies of injuries in volleyball for the period from 1981 to 2006. The results differ significantly on the method of study, number of participants and duration of observation, but it is possible to trace the general trend. The results show 4 main injuries specific to volleyball (table 1), injuries of ankles, knees, shoulders and fingers.

Таблица 1  
Table 1

Статистические данные анализа травм в волейболе

*Statistical data of the analysis of injuries in volleyball*

Наименование исследования <i>The name of the study</i>	Кол-во человек <i>The number of people</i>	Кол-во Травм <i>The number of injuries</i>	Уровень травм, % <i>Injury level %</i>	Травмы плеча, % <i>Shoulder injuries %</i>	Травмы кисти, % <i>Wrist injuries %</i>	Травмы пальца, % <i>Finger injuries %</i>	Травмы колена, % <i>Knee injuries %</i>	Травмы лодыжки, % <i>Ankle injuries %</i>	Травмы стопы, % <i>Foot injuries %</i>	Травмы спины, % <i>Back injuries %</i>
Augustsson (2006)	158	121	4.9	12	1	7	17	23	8	6
Verhagen (2004)	419	100	2.6	9	7		12	41		10
Bahr (1997)	273	89	1.7	8		7	8	54		11
Aagaard (1996)	178	177	3.8	17		22	19	16	6	9
Kujala (1995)		5235		9	2	9	19	31	3	9
Watkins (1992)		46		2		22	30	26	9	17
Schafle (1990)		154	2.3	8	10		11	18	6	24*
Lochman (1998)		242			18	41	10	26	8	
Yde (1988)		33	5.7			33		25		
Schmidt-Olsen (1987)		69		10		29	8	25		
Gerberich (1987)		106					59	22		
Heel (1985)		214			2	22	8	53	2	3
Bira (1981)		53		23		22	20	28		
Среднее Average			3.5	11	7	21	18	30	6	11

**2. Анализ травм волейболистов сборной команды ДГТУ.** В исследовании приняли участие спортсмены сборной команды ДГТУ по волейболу: 17 волейболистов и 2 тренера, которые для удобства обработки данных были распределены авторами в процессе наблюдений на 5 групп по спортивному стажу (таблица 2).

**2. The analysis of volleyball players' injuries of DSTU combined team.** The study involved sportsmen of DSTU combined volleyball team: 17 players and 2 coaches, which, during observations, for data processing convenience have been divided by the authors into 5 groups according to sport experience (table 2).

Таблица 2

Table 2

Распределение спортсменов по спортивному стажу (в абсолютных числах и процентах %)

*Distribution of sportsmen according to sport experience (in absolute numbers and in percentage)*

Номера и спортивный стаж исследуемых групп <i>Number and sports experience of the studied groups</i>	Количество Спортсменов <i>The number of sportsmen</i>	%
1-ая — от 0 до 2 лет <i>1st — 0 to 2 years</i>	4	23,5
2-ая — от 2 до 4 лет <i>2nd — 2 to 4 years</i>	5	29,4
3-я — от 4 до 6 лет <i>3-d — 4 to 6 years</i>	3	17,6
4-ая — от 6 до 8 лет <i>4th — 6 to 8 years</i>	2	11,7
5-ая — более 8-ми лет <i>5th — more than 8 years</i>	3	17,6
Итого: <i>Total</i>	17	100

Во время исследования фиксировались травмы, полученные на учебно-тренировочных занятиях и соревнованиях. Были проанализированы условия проведения и организация 5 соревнований (студенческая волейбольная лига России; чемпионат Ростовской области среди ВУЗов; чемпионат Южного федерального округа среди ВУЗов; кубок Ростовской области и чемпионат Ростовской области) по волейболу, в которых принимали участие спортсмены из исследуемых групп.

На основе проведенного авторами анализа медицинских карт исследуемых групп спортсменов в таблице 3 систематизированы данные по количеству полученных спортсменами сборной команды ДГТУ по волейболу травм.

During the study, the authors have recorded injuries at training sessions and competitions. They have analyzed the conditions for conducting and organization of 5 volleyball competitions (student volleyball league; the championship of the Rostov region among universities; the championship of the Southern federal district among high schools; the Cup of Rostov region and the Rostov region championship), which were attended by sportsmen from the studied groups.

Based on the conducted by the authors analysis of medical records of the examined groups of sportsmen table 3 provides systematic data according to the number of injuries got by the sportsmen DGTU combined volleyball team.

Таблица 3  
Table 3

Распределение травм у спортсменов сборной команды ДГТУ по волейболу (в %)

*The distribution of injuries among sportsmen of DSTU combined volleyball team (%)*

Суставы <i>Joints</i>	1 гр. <i>1 gr.</i>		2 гр. <i>2 gr.</i>		3 гр. <i>3 gr.</i>		4 гр. <i>4 gr.</i>		5 гр. <i>5 gr.</i>		Всего <i>Total</i>	
	КОЛ. <i>Number</i>	%	КОЛ. <i>Number</i>	%	КОЛ. <i>Number</i>	%	КОЛ. <i>Number</i>	%	КОЛ. <i>Number</i>	%	КОЛ. <i>Number</i>	%
Плечевой <i>Shoulder</i>	2	20	3	21.4	0	0	0	0	1	14.2	6	15
Пальцы <i>Fingers</i>	4	40	4	28.5	3	37.5	2	66.6	1	14.2	14	35
Реберно- позвоночный <i>Costovertebra</i>	2	20	2	14.2	1	12.5	0	0	1	14.2	4	10
Коленный <i>Knee</i>	0	0	0	0	1	12.5	1	33.3	2	28.5	4	10
Голеностопный <i>Ankle</i>	2	20	3	21.4	1	12.5	0	0	2	28.5	8	20
Лучезапястный <i>Wrist</i>	0	0	2	14.2	2	25	0	0	0	0	4	10
ИТОГО <i>TOTAL</i>	10	100	14	100	8	100	3	100	7	100	40	100

Наблюдения показали, что по частоте травмы распределились следующим образом: травмы суставов пальцев на 1-ом месте (35 %), на 2-ом — травмы голеностопных суставов (20 %), далее следуют травмы реберно-позвоночных суставов (10 %), травмы лучезапястных суставов (10 %), травмы коленных суставов (10%). Эти данные не противоречат общеизвестной статистике по спортивному травматизму.

Анализ полученных данных указывает на то, что среди изучаемых групп спортсменов с увеличением стажа количество и тяжесть травм уменьшаются. Также авторами собраны данные по статистике травм сборной команды ДГТУ в отношении зависимости «амплуа волейболиста — игровая часть тела» (таблица 4). Это сделано для того, чтобы выяснить, игроки какого амплуа наиболее подвержены травмам.

The observations have shown that the frequency of traumas are as follows: injury of finger joints is on the 1st place (35 %), on the 2nd — injury of ankle joints (20 %), followed by injuries of costovertebral joints (10 %), injuries of wrists (10 %), injuries of knees (10%). These data do not contradict the well-known statistics on sports injuries.

The analysis of the data indicates that among the studied groups of sportsmen the number and severity of injuries reduces with increasing experience. The authors have also collected data on injuries statistics of DSTU combined team in respect of dependency of "the role of a volleyball player — the playing part of the body" (table 4). This is done in order to find out the players with the role most prone to injury.

Таблица 4  
Table 4

Статистическая вероятность травм сборной команды ДГТУ по волейболу в отношении зависимости «амплуа волейболиста — игровая часть тела»

*The statistical probability of injuries of DSTU combined volleyball team in respect of dependency of "the role of a volleyball player — the playing part of the body"*

Множество амплуа <i>J</i> Set of roles <i>J</i>		Множество частей тела <i>I</i> Set of parts of the body <i>I</i> $\Pi = \{\pi_i\}, i=1,2,\dots,I$					
		1	2	3	4	5	6
		Плечо <i>Shoulder</i>	Пальцы <i>Fingers</i>	Спина <i>Back</i>	Колени <i>Knees</i>	Голеностоп <i>Ankle</i>	Запястье <i>Wrist</i>
Центральный блокирующий <i>Center blocker</i>	1	50 %	100 %	100 %	50 %	50 %	0 %
Связующий <i>Setter</i>	2	0 %	100 %	0 %	0 %	50 %	100 %
Доигровщик <i>Outside hitter</i>	3	20 %	80 %	40 %	20 %	60 %	0 %
Диагональный нападающий <i>Diagonal spiker</i>	4	66 %	33 %	33 %	33 %	66 %	0 %
Либеро <i>Libero</i>	5	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	66 %

Таблица 5  
Table 5

Длительность нетрудоспособности при травмировании спортсмена в отношении зависимости «амплуа волейболиста — игровая часть тела»

*Duration of disability in case of injury of a sportsman according to the dependency "the role of a volleyball player — the playing the part of the body"*

Множество амплуа <i>J</i> Set of roles <i>J</i>		$T = \{\tau_i\}, i=1,2,\dots,I$ , суток $T = \{\tau_i\}, i=1,2,\dots,I$ , days					
		1	2	3	4	5	6
		Плечо <i>Shoulder</i>	Пальцы <i>Fingers</i>	Спина <i>Back</i>	Колени <i>Knees</i>	Голеностоп <i>Ankles</i>	Запястье <i>Wrists</i>
Центральный блокирующий <i>Center blocker</i>	1	10–15	25–30	21–25	45–60	10–15	7–10
		15–25	30–40	35–40	60–90	15–25	20–28

Связующий <i>Setter</i>	2	0	25–30	0	0	10–15	7–10
		0	30–40	0	0	15–25	20–28
Доигровщик <i>Outside hitter</i>	3	10–15	25–30	21–25	45–60	10–15	0
		15–25	30–40	35–40	60–90	15–25	0
Диагональный нападающий <i>Diagonal spiker</i>	4	10–15	25–30	21–25	45–60	10–15	0
		15–25	30–40	35–40	60–90	15–25	0
Либеро <i>Libero</i>	5	0	25–30	0	0	0	7–10
		0	30–40	0	0	0	20–28

На основании международной классификации болезней МКБ–10 для класса XIX (травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействий внешних причин) были учтены ориентировочные сроки нетрудоспособности при травмах спортсменов. При этом за основу были взяты самые распространенные травмы волейболистов (с осложнением и без осложнения), а именно — растяжение и перенапряжение капсульно-связочного аппарата плечевого сустава; вывих пальца; растяжение и перенапряжение капсульно-связочного аппарата на уровне запястья; растяжение, разрыв и перенапряжение передней и задней крестообразной связки коленного сустава; разрыв, растяжение и перенапряжение связок голеностопного сустава; растяжение и перенапряжение капсульно-связочного аппарата поясничного отдела позвоночника (таблица 5).

В таблицах приведены результаты исследования травм волейболистов сборной команды ДГТУ в период с 2015 по 2017 год. Данные по некоторым амплуа заметно различаются из-за количества участников в данном амплуа, а также из-за характера их действий на площадке.

На основании вышеприведенных данных оказалось возможным рассчитать интегральный риск травмирования волейболистов разных амплуа [5]:

Based on the international classification of diseases ICD–10 for class XIX (injury, poisoning and certain other consequences of external causes) duration of disability at injuries of sportsmen have been considered. This has been based on the most common injuries of volleyball players (with complications and without complications), they are - tension and overexertion of capsular-ligament apparatus of shoulder joint; dislocated finger; tension and overexertion of capsule-ligament apparatus of wrist; tension, tear and strain of the anterior and posterior cruciate ligament of knee; tear, tension and overexertion of ankle; tension and overexertion of capsule and ligaments of lumbar spine (table 5).

The table below shows the results of the study of volleyball players' injuries of DSTU combined team from 2015 to 2017. The data on some roles differ markedly due to the number of participants in this role, and due to the nature of their actions on the court.

On the basis of the above data, it was possible to calculate the integral risk of injury to volleyball players of different roles [5]:

$$R^j_U = \sum \{ \Pi \cdot T \}_j = \sum_{i=1}^{Ij} \{ \pi_i \times \tau_i \}_j$$

$$i = 1, 2, \dots, I, \quad (1)$$

где  $\Pi, T$  — множество возможных мер реализации вершинных исходов;  $\pi_{ij}$  — возможностная мера  $i$ -ой части тела  $j$ -го амплуа;  $\tau_{ij}$  — продолжительность восстановления после  $i$ -ой травмы волейболиста  $j$ -го амплуа.

Исходя из полученных данных рассчитано время (в сутках) нетрудоспособности волейболистов ДГТУ разных амплуа (таблица 6).

$$R^j_U = \sum \{ \Pi \cdot T \}_j = \sum_{i=1}^{Ij} \{ \pi_i \times \tau_i \}_j$$

$$i = 1, 2, \dots, I, \quad (1)$$

where  $\Pi, T$  — the set of possibilistic measures of implementation of the summit outcomes;  $\pi_{ij}$  is the possibilistic measure of the  $i$ -th body part of the  $j$ -th role;  $\tau_{ij}$  is the time to recover from the  $i$ -th injury of a volleyball player of the  $j$ -th role.

Based on the data the authors have calculated time (in days) of disability of DSTU volleyball players of different roles (table 6).

Таблица 6  
Table 6

Время нетрудоспособности волейболистов разных амплуа сборной ДГТУ  
Time of disability of volleyball players of different roles of DSTU combined team.

Множество амплуа $J$ Set of roles $J$	T = { $\tau_i$ }, $i = 1, 2, \dots, I$ , суток T = { $\tau_i$ }, $i = 1, 2, \dots, I$ , days						Итого Total
	Плечо Shoulder	Пальцы Fingers	Спина Back	Колени Knees	Голеностоп Ankle	Запястье Wrist	
Центральный блокирующий Center blocker	5	25	21	23	5	0	79
	13	40	40	45	13	0	151
Связующий Setter	0	25	0	0	5	7	37
	0	40	0	0	13	28	81
Доигровщик Outside hitter	2	20	9	9	6	0	46
	5	35	16	18	15	0	89
Диагональный нападающий Diagonal spiker	7	9	7	15	7	0	45
	17	14	14	30	17	0	92
Либоро Libero	0	25	0	0	0	7	32
	0	40	0	0	0	28	68

Из полученных результатов очевидно, что амплуа центрального блокирующего самое травмоопасное — для него характерны травмы спины, пальцев, плеч, коленей и голеностопа. Это связано с тем, что действия игрока этого амплуа самые разнообразные и «хаотичные» на площадке — постоянное нападение или его имитация, перемещение игрока на край сетки для постановки организованного блока и т. д. Существенное количество травм происходит при приземлении игроков на сетке, как в офи-

From the obtained results, it is evident that center blocker role is the most traumatic — it is also characterized by back injuries, injuries of fingers, shoulders, knees and ankles. This is due to the fact that the actions of the player of this role are the most diverse and "chaotic" on court — constant attack or its simulation, moving to a net edge for an organized block, etc. A significant number of injuries occur when players land on the

циальных матчах, так и на тренировках. Это особенно характерно для очных дуэлей центральных блокирующих, когда, опускаясь после прыжка, они приземляются друг другу на голеностоп. Также необходимо отметить, что у игроков данного амплуа «баскетбольный рост» и высокая мощность мышц, которая порождает огромную силу. При резкой смене направления движения (быстрый рывок в сторону мяча, прыжок к сетке) это обстоятельство повышает риск травмы. Высокие волейболисты часто страдают от травм коленных суставов, позвоночника (из-за выраженного центра тяжести).

Результаты проведенного исследования показали, что в основе происхождения спортивных травм лежат объективные и субъективные факторы, каждый из которых в одном случае может быть причиной повреждения, а в другом — условием его возникновения.

### **3. Логико-возможностное оценивание травмирования волейболистов на примере блокирующего.**

**3.1. Постановка задачи.** Задачу логико-возможностного оценивания травмирования и отказа от игры волейболиста определенного амплуа сформулируем на основе [6–9]. Основными происшествиями с волейболистами являются травмы отдельных частей тела, а также суммарный эффект их накопления и реализации. Травмы и эффекты от «предысторий» травмирования для волейболиста с определенным амплуа, как во время игры, так и после её завершения определяют как факт выхода из игры (отказ от игры), так и заболевание спортсмена.

Например, применительно к блокирующему, в системе «волейбольная команда — игра с соперником — площадка — сетка» такими исходами наиболее часто являются либо отдельно полученные травмы голеностопа, плеча, колена, спины, пальцев, рук, либо их сочетание.

События — исходы травмирования спортсмена (волейболиста  $j$ -го амплуа) условно назовем элементарными предпосылками выхода из

net, both during the official matches and training. This is especially true for face-to-face duels of central blockers getting down after a jump, they land on each other's' ankles. It should also be noted that players of this role are of "basketball height" and high power of the muscles, which generates a huge force. At a sudden change of direction (quick dash towards the ball, jump to the net) this fact increases the risk of injury. High volleyball players often suffer from injuries of knees, spine (due to the center of gravity).

The results of the study showed that the basis for the origin of sports injuries are objective and subjective factors, each of which in one case may be the cause of the damage, and, in the other – the condition for its occurrence.

### **3. Logical-possibilistic assessment of injuries to players on the example of a blocker.**

**3.1. Statement of the problem.** The task of logical-possibilistic assessment of injuries and the refusal to play from a player of a particular role we will formulate based on [6-9]. The main accidents with volleyball players are injuries to individual body parts, as well as the aggregate effect of their accumulation and implementation. Injuries and effects from the "background" of injuries to a volleyball player of a specific role, as during the game and after its completion are defined as the fact of leaving the game (refusing to play), and medical problem of a sportsman.

For example, for a blocker, in the system "volleyball team — game with a competitor — net" the most often outcomes are separate injuries of an ankle, shoulder, knee, back, fingers, hands, or their combination.

The events — the outcomes of an injury to a sportsman (volleyball player of the  $j$ -th role) we will call the basic prerequisites for game quit,

игры, которые обозначим множеством  $X$

$$X_j = \{x_i\}_j, \quad (2)$$

где  $i=1, 2, \dots, I$  есть переменная (номер) исхода из множества  $I_j$ , описывающегося как множество травм отдельных частей тела, так и множество их комбинаций и сочетаний применительно к спортсмену  $j$ -го вида амплуа, то есть  $j=1, 2, \dots, J$ .

Заметим, что при выполнении условия нормировки можно записать:

$$X_j = \{x_i\}_j = \{x_{ij}\}. \quad (3)$$

События — варианты отказов спортсмена от дальнейшей игры назовем вершинными исходами и обозначим множеством вида:

$$Y = \{y_j\}, \quad j=1, 2, \dots, J. \quad (4)$$

Рассмотрим самый простой случай — один вершинный исход, логическая модель которого описывается булевой функцией вида:

$$y_l = F_1(X = \{x_i\}, i=1, 2, \dots, I). \quad (5)$$

Этот вершинный исход (отказ спортсмена от дальнейшей борьбы) зависит от вида и степени тяжести последствий от элементарных травм частей тела и их комбинаций и в общем случае носит сложный и неявный характер. Требуется определить вид логической функции отказа спортсмена от дальнейшей игры вследствие получения травм из множества  $X$  (5), преобразовать её в возможностную форму  $PF_1(\{\pi_i\})$  и оценить (рассчитать) возможностную меру отказа игрока от дальнейшей борьбы.

Проанализируем возможные варианты решения поставленной задачи, которые зависят от наличия исходных данных, полноты их представления и достоверности описания.

which we denote as a set

$$X_j = \{x_i\}_j, \quad (2)$$

where  $i=1, 2, \dots, I$  is a variable (number) of the outcome of  $I_j$  set, describing a set of injuries to individual body parts and their multiple combinations and combinations with regard to a sportsman of the  $j$ -th role, that is,  $j=1, 2, \dots, J$ .

Let us note that if the condition of normalization is fulfilled, then we can write

$$X_j = \{x_i\}_j = \{x_{ij}\}. \quad (3)$$

The events — refusal of a sportsman to play further let us call vertex outcomes and denote them as a set of the kind:

$$Y = \{y_j\}, \quad j=1, 2, \dots, J. \quad (4)$$

Let us consider the simplest case — single vertex outcome, the logic model of which is described by Boolean function of the form:

$$y_l = F_1(X = \{x_i\}, i=1, 2, \dots, I). \quad (5)$$

This outcome (refusal of a sportsman to play further) depends on the type and severity of consequences from elementary injuries of body parts and their combinations and in general is complex and implicit. It is needed to define the logical function of refusal of a sportsman to play further due to the injury of  $X$  set (5), converting it to possibilistic form  $PF_1(\{\pi_i\})$  and estimate (calculate) possibilistic measure of refusal of a sportsman to play further.

Let us analyze possible solutions to the set task that depend on the availability of the source data, completeness of its submission and accuracy of its description.

**3.2. Теоретическое решение задачи.** Возможностные меры  $\pi_i$  предпосылок происшествия могут быть найдены на основании представления параметров воздействия  $s$  и восприимчивости  $r$  как нечеткие величины. Например, для условия ( $y_I=1$ ), если известна логическая функция отказа, можно получить следующее выражение:

$$\pi_{(y_I=1)} = Pos(y_I=1) = Pos(F_I(X=\{x_i\}, i=1,2,\dots,I)) = IFF_1(\{\pi_i\}, i=1,2,\dots,I). \quad (6)$$

При этом множество известных или установленных значений возможностных мер травм представлено в виде зависимостей:

$$\Pi = \{\pi_i\}, \quad i = 1, 2, \dots, I, \quad (7)$$

где

$$\pi_i = Pos(x_i = 1) = Pos(s_i \geq r_i)$$

— элементарная возможностная мера  $i$ -ой травмы, которую определяют с помощью параметрической модели: «нечеткое воздействие  $s_i$  превышает нечеткую восприимчивость  $r_i$ ».

Заметим, что нахождение зависимости  $F_I(X=\{x_i\}, i=1,2,\dots,I)$  представляет собой отдельную задачу, которая будет рассмотрена ниже.

**3.3. Решение задачи расчетно-экспериментальным способом.** Рассматриваются следующие основные воздействующие факторы (игровые воздействия):

- штатное воздействие при блоке: удар мячом по пальцам, ногам, плечу;
- нештатное воздействие: удар соперником по ногам, рукам, плечу или подворот голеностопа при приземлении на стопу соперника.

При решении будут использованы следующие критерии (условия травмирования частей тела) и математические операции:

1) критерии травмирования любой части тела (параметрические критерии элементарной травмы):

$s$  — параметр штатного или нештатного воздействия;

$r$  — параметр восприимчивости частей тела к воздействиям (как штатным, так и нештатным);

2) операция «логическое и» ( $\wedge$ ) замещается операцией ( $min$ ) из сигнатуры четких и нечет-

**3.2. Theoretical solution to the problem.** Possibilistic measures  $\pi_i$  of prerequisites of an incident can be found by the impact parameter  $s$  and the sensitivity  $r$  as fuzzy values. For example, for the condition ( $y_I=1$ ) if we know the logical refusal function, we can obtain the following expression:

$$\pi_{(y_I=1)} = Pos(y_I=1) = Pos(F_I(X=\{x_i\}, i=1,2,\dots,I)) = IFF_1(\{\pi_i\}, i=1,2,\dots,I). \quad (6)$$

Where a set of known or specified values of possibilistic measures of injuries is represented in the form of dependencies:

$$\Pi = \{\pi_i\}, \quad i = 1, 2, \dots, I, \quad (7)$$

where

$$\pi_i = Pos(x_i = 1) = Pos(s_i \geq r_i)$$

— elementary possibilistic measure of the  $i$ -th injury, which is determined by the parametric model, "the fuzzy impact  $s_i$  is more than the fuzzy susceptibility  $r_i$ ".

Let us note that the determination of the dependency  $F_I(X=\{x_i\}, i=1,2,\dots,I)$  is a separate task, which will be further discussed.

**3.3. The problem solution by calculation and experimental method.** We consider the following factors (game impacts):

-standard impact at blocking: the ball hits the fingers, legs, shoulder;

-non-standard impact: hitting the opponent in the legs, arms, shoulder or twisting the ankle when landing on the foot of the opponent.

The solution will include the following criteria (conditions of injury to body parts) and mathematical operations:

1) criteria of injury to any part of the body (parametric criteria of a basic trauma):

$s$  — parameter of standard or non-standard impact;

$r$  — parameter of susceptibility of parts of the body to impacts (both standard and non-standard);

2) the operation "logical and" ( $\wedge$ ) is replaced by

ких множеств:

$$\wedge \rightarrow \min;$$

3) операция «логическое или» ( $\vee$ ) замещается операцией ( $max$ ) из сигнатуры четких и нечетких множеств:

$$\vee \rightarrow \max;$$

4) штатное или нештатное травмирующее воздействие в общем случае учитывается как дизъюнкция воздействий:

$$s = s_1 \vee s_2. \quad (8)$$

Задача определения параметров воздействия и восприимчивости спортсмена при травмировании может быть решена с помощью применения средств измерения и мониторинга, например, на основе датчиков ускорения и деформации.

Установим вид логической модели выхода из строя спортсмена методом интервального анализа. Для этого выход блокирующего из игры представляют в общем виде следующей функцией:

$$y = (\{\vee \wedge \}x \rightarrow F(x), \quad (9)$$

$$x = \{x_i\}, x_i = 1, \text{ если } s_i > r_i,$$

где в выражении (9) представлено множество логических моделей, включая искомую, определяемую формулой (5).

Уточним условия выхода спортсмена из игры по причине получения повреждения. Для этого требуется конкретизировать зависимость (5) и построить логическую модель выхода блокирующего из игры (10):

$$y_1 = F_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6). \quad (10)$$

Найдем решения задачи с помощью введения двух граничных условий при следующих допущениях:

1) любая травма любой части тела приводит к выводу спортсмена из строя.

Обозначим это граничное условие как «верхнее» и получим следующий вид логической модели:

$$y_1^{(B)} = \vee x_i \rightarrow \prod_1^{(B)}(y_1 = 1) = \max_{i=1,6}^6(\pi_i), \quad (11)$$

2) выход спортсмена из борьбы произойдет только при получении им всех (в данном варианте шести) травм. Назовем это граничное условие «нижним», при котором логическая модель выхода спортсмена из борьбы имеет вид:

$$y_1^{(H)} = \wedge x_i \rightarrow \prod_1^{(H)}(y_1 = 1) = \min_{i=1,6}^6(\pi_i), \quad (12)$$

the operation ( $\min$ ) from the signatures of crisp and fuzzy sets:

$$\wedge \rightarrow \min;$$

3) the operation "logical or" ( $\vee$ ) is replaced by the operation ( $\max$ ) from the signatures of crisp and fuzzy sets:

$$\vee \rightarrow \max;$$

4) standard or non-standard traumatic impact in general is treated as the disjunction of actions:

$$s = s_1 \vee s_2. \quad (8)$$

The problem of determination of the parameters of an impact and susceptibility of a sportsman at an injury can be solved by measurement and monitoring, for example, based on acceleration and strain sensors.

Let us determine a logical model of a sportsman refusal by the method of interval analysis. For this, a blocker refusal is represented in general by the following function:

$$y = (\{\vee \wedge \}x \rightarrow F(x), \quad (9)$$

$$x = \{x_i\}, x_i = 1, \text{ если } s_i > r_i,$$

where in the expression (9) there is a set of logical models, including the required one, defined by formula (5).

Let us check the conditions of refusal of a sportsman to play further because of an injury. For this we need to specify the dependence (5) and construct a logical model of a blocker refusal to play further (10):

$$y_1 = F_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6). \quad (10)$$

Let us find the solution to the problem by introducing two boundary conditions in the following assumptions:

1) any trauma to any part of the body leads to refusal of a sportsman to play further.

We denote this boundary condition as "upper" and get the following logical model:

2) the refusal of a sportsman to play further will only happen when he gets all (in this case six) injuries. We call this boundary condition as "bottom" in which the logical model of refusal of a sportsman to play further:

Искомое решение как логическую функцию находят при следующем условии: спортсмен «как эксперт» в ходе игры сам определяет момент выхода из состязания при получении нескольких зафиксированных травм, приводящих его к состоянию отказа от дальнейшей борьбы:

$$y_1 = F_z(x_i), i = 1, 6 \rightarrow \Pi_1^z(y = 1) = \begin{cases} \max \\ \min \end{cases} (\pi_i). \quad (13)$$

Таким образом вид функции (10) может быть определен на основе преобразования полученной экспериментально логической функции  $F_z(x)$ . При этом значения  $\{\pi_i\}$  определяют либо по статистическим данным, приведенным в таблицах 2–6, либо апостериорно по самочувствию спортсмена или значениям параметров воздействующих факторов.

**Пример решения прикладной задачи.** При проведении соревнования блокирующий может получить три травмы ( $x_2, x_1, x_4$ ), которые способны привести к отказу спортсмена от дальнейшей борьбы. Требуется определить возможность отказа спортсмена от дальнейшей борьбы и её границы. Для решения поставленной задачи найдем логическую модель отказа спортсмена от дальнейшей борьбы:

$$y_1 = x_2 \wedge x_1 \wedge x_4. \quad (14)$$

Преобразуем выражение (14) в возможностную форму:

$$Pos(y_1=1) = \min(\pi_3, \pi_1, \pi_4). \quad (15)$$

Выбирая из таблицы 1 значения возможных мер травм блокирующего и подставляя в формулу (15), получим:

$$\Pi_1(3-1-4) = \min(0.11, 0.11, 0.18) = 0.11.$$

На основании выражений (11) и (12) и данных таблицы 1 получим следующие граничные значения возможностной меры отказа спортсмена от дальнейшей борьбы:  $\Pi^{\max}(y_1=1) = 0.18$ ;  $\Pi^{\min}(y_1=1) = 0.11$ .

Следует заметить, что в данном решении не учитывается последовательность и обстоятельства получения возможных травм конкретного блокирующего.

The solution as a logical function is found under the following conditions: the sportsman "as an expert" in the course of the game itself determines the moment of refusal to play further when getting a few recorded injuries, leading him to a state of refusal to play further:

Thus, the function (10) can be determined on the basis of conversion of the experimentally obtained logical function  $F_z(x)$ . The values  $\{\pi_i\}$  are determined either by the statistics given in tables 2-6, or a posteriori according to the well-being of a sportsman or the values of the parameters of influencing factors.

**An example of an applied problem solution.** During competition a blocker can get three injuries ( $x_2, x_1, x_4$ ), which can lead to a refusal of a sportsman to play further. We need to determine the possibilistic measure of refusal a sportsman to play further and its borders. To solve the problem we find a logical model of refusal a sportsman to play further:

$$y_1 = x_2 \wedge x_1 \wedge x_4. \quad (14)$$

Let us convert the expression (14) in a possibilistic form:

$$Pos(y_1=1) = \min(\pi_3, \pi_1, \pi_4). \quad (15)$$

By selecting from table 1 the values of possibilistic measures of injuries of a blocker and substituting them in the formula (15), we get:

$$\Pi_1(3-1-4) = \min(0.11, 0.11, 0.18) = 0.11.$$

On the basis of expressions (11) and (12) and table 1 we get the following boundary values of

possibilistic measures of refusal a sportsman to play further:  $\Pi^{\max}(y_1=1) = 0.18$ ;  $\Pi^{\min}(y_1=1) = 0.11$ .

It should be noted that the decision does not take into account the sequence and circumstances of getting possible injuries by a blocker.

**3.4. Решение задачи экспериментальным способом.** Данный способ решения является развитием предыдущего метода интервального анализа и основан на фиксации реакций и поведения травмированного спортсмена, который самостоятельно или по согласованию с тренером заявляет об отказе от дальнейшей игры.

Целью разработки способа является повышение достоверности и полноты анализа и оценивания показателей безопасности и травмирования. Рассмотрим решение задачи способом 3 на примере блокирующего в системе «игрок — площадка — соперник — сетка». Считается, что спортсмен играет: а) весь сет; б) всю игру. Кроме того, учитывается, что блокирующий может играть в одном из двух режимов волейбольного сета: проходит весь круг, либо играет только у сетки с заменой на либеро.

На основе априорной статистики (таблица 3) учитывается, что травмируются следующие игровые части тела блокирующего: голено-стоп ( $i=1$ ); плечо ( $i=2$ ); спина ( $i=3$ ); пальцы ( $i=4$ ); руки ( $i=5$ ); колени ( $i=6$ ). Эти игровые части тела блокирующего (как спортсмена под номером  $j=1$ ) описаны множеством:

$$I_j = \{i=1, 2, \dots, 6\}. \quad (16)$$

При таком способе решения алгоритм определения состояния спортсмена и способности продолжать борьбу в общем виде представляют логической моделью — дизъюнктивно-конъюнктивной функцией от булевых аргументов:

$$y = (\{\vee\wedge\}x \rightarrow F(x)),$$

где для исхода  $j=1$  это есть функция

$$y_1 = F_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6), \quad (17)$$

причем булева функция  $F_1(.)$  и есть искомое решение задачи.

**3.4. The solution to the problem by the experimental method.** This method of solution is an evolution of the previous method of interval analysis and is based on the recording of reactions and behaviour of an injured sportsman, who independently or together with his coacher declares about the refusal to play further.

The objective of the method is to increase the accuracy and completeness of the analysis and the assessment of safety performance and injury. Let us consider the solution to the problem by method 3 on the example of a blocker in the system "player — court — competitor — net". It is believed that a sportsman is playing: a) the whole set; b) the entire game. We also take into account that a blocker can play in one of two modes of a volleyball set: the whole circle or only plays at the net, replacing a libero.

Based on a priori statistics (table 3) we take into account that the following parts of the body of a blocker are injured: ankle ( $i=1$ ); shoulder ( $i=2$ ); back ( $i=3$ ); fingers ( $i=4$ ); arms ( $i=5$ ); knees ( $i=6$ ). These playing parts of the body of a blocker (as a sportsman under the number  $j=1$ ) are described by the set:

$$I_j = \{i=1, 2, \dots, 6\}. \quad (16)$$

With this method the solution algorithm of determination of a sportsman condition and the ability to continue the fight in general is represented by a logical model - a disjunctive-conjunctive function of Boolean arguments:

$$y = (\{\vee\wedge\}x \rightarrow F(x)),$$

for the outcome where  $j=1$  it is a function of

$$y_1 = F_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6), \quad (17)$$

moreover, a Boolean function  $F_1(.)$  is the sought solution of the problem.

**Пример решения прикладной задачи.** При проведении соревнования блокирующий последовательно получил три травмы  $x_2$ ,  $x_1$ ,  $x_6$ , причем последняя привела к отказу от дальнейшей борьбы. Требуется определить априорное значение возможностной меры отказа спортсмена от дальнейшей борьбы и установить значение расчетной погрешности.

Для решения задачи построим логическую модель отказа спортсмена от дальнейшей борьбы:

$$y_I = (x_2 \vee x_1) \wedge x_6. \quad (18)$$

Преобразуем в возможностную форму:

$$Pos(y_I=1) = \min(\max(\pi_3, \pi_1), \pi_4). \quad (19)$$

Из таблицы 1 выбираем значения возможностных мер травм блокирующего и, подставляя в формулу (19), получаем:

$$\Pi_1(1-2-6) = \min(\max(\pi_1, \pi_2), \pi_6) = \min(\max(0.11, 0.21), 0.07) = 0.07.$$

Таким образом, априорное значение возможностной меры равно 0.07, однако при экспериментальном способе получено значение, равное 0.18. Из полученных результатов следует, что абсолютная погрешность расчета возможностной меры находится в интервале значений от 0 до 0.11. Следовательно, на основании оценки возможностной меры выхода из строя блокирующего во время соревнований или тренировок с помощью расчётно-экспериментального способа может быть достигнута наибольшая достоверность, что позволит снизить последующий возможный риск.

### Биографический список.

1. Физическая реабилитация и спортивная медицина / С. М. Черепок [и др.]. — Запорожье : ЗДМУ, 2011. — 160 с.
2. Абрамов, В. В. Лечебная физкультура и спортивная медицина / В. В. Абрамов, В. В. Клапчук, О. Л. Смирнова. — Днепропетровск : Медакадемия, 2006. — 179 с.
3. Спортивные травмы. Основные принципы

### An example of the applied problem solution.

During the competition a blocker got consistently three injuries  $x_2$ ,  $x_1$ ,  $x_6$ , and the latter led to the refusal to play further. It is required to determine an a priori value of a possibilistic measure of the refusal of a sportsman to play further and determine the value of the estimated error.

To solve the problem we will construct a logical model of the refusal of a sportsman to play further:

$$y_I = (x_2 \vee x_1) \wedge x_6. \quad (18)$$

Let us convert it to a possibilistic form:

$$Pos(y_I=1) = \min(\max(\pi_3, \pi_1), \pi_4). \quad (19)$$

From table 1 we choose the values of possibilistic measures of a blocker's injuries and by substituting them in formula (19), we get:

$$\Pi_1(1-2-6) = \min(\max(\pi_1, \pi_2), \pi_6) = \min(\max(0.11, 0.21), 0.07) = 0.07.$$

Thus, the a priori value of possibilistic measure is equal to 0.07, however, by the experimental method, we have obtained a value of 0.18. From the obtained results follows that the absolute error of calculation of possibilistic measures is in the range of values from 0 to 0.11. Therefore, based on the evaluation of possibilistic measure of the refusal of a blocker during competition or training by using the experimental method we can achieve the greatest accuracy, which will reduce future risk.

### References

1. Cherepok, S.M. et al. Fizicheskaya reabilitatsiya i sportivnaya meditsina. [Physical rehabilitation and sports medicine.] Zaporozhe, ZDMU, 2011, 160 p. (in Russian).
2. Abramov, V.V., Klapchuk, V.V., Smirnova, O.L. Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina. [Physiotherapy exercises and sports medicine.] Dnepropetrovsk, Medakademiya, 2006, 179 p. (in Russian).
3. Sportivnye travmy. Osnovnyebprintsipy profilaktiki i lecheniya. ed. by Rastrem, P.A.F.K. [Sports injuries. Basic principles of prevention

профилактики и лечения / под общей ред. П. А. Ф. Х. Растрема. — Киев : Олимпийская литература, 2002. — 430 с.

4. Майкели, Л. Энциклопедия спортивной медицины / Л. Майкели, М. Дженкинс. — Санкт-Петербург : Лань, 2003. — 360 с.

5. Гаенко, В. П. Методологические аспекты теории безопасности сложных систем / В. П. Гаенко. — Санкт-Петербург : НИЦ БТС, 2004. — 194 с.

6. Есипов, Ю. В. Разработка алгоритма расчета вероятностного показателя безопасности технической системы «защита — объект — среда» [Электронный ресурс] / Безопасность техногенных и природных систем. — 2017. — № 1. — Режим доступа : <http://bps-journal.ru/publications/2016/1-2017> (дата обращения : 01.10.17).

7. Джиляджи, М. С. Разработка и применение параметрической модели «воздействие — восприимчивость» на примере оценки показателей электрической безопасности / М. С. Джиляджи, Н. С. Маматченко // Системы обеспечения техносферной безопасности : сб. докл. III Всероссийск. науч. конф. — Таганрог, 2016. — С. 132–133.

8. Маматченко, Н. С. Логико-возможностная оценка травмирования в игровых видах спорта / Н. С. Маматченко, А. Г. Дурноян. // 12 ежегодная науч. конф. студентов и аспирантов базовых кафедр ЮНЦ РАН : сб. докл. — Ростов-на-Дону, 2016. — С. 194–195.

9. Есипов, Ю. В. Разработка логико-возможностного алгоритма оценки риска критических инфраструктур / Ю. В. Есипов, М. С. Джиляджи, Н. С. Маматченко // Безопасность

and treatment.] Kiev, Olimpiyskaya literatura, 2002, 430 p. (in Russian).

4. Maykeli, L., Dzhenskins, M. Entsiklopediya sportivnoy meditsiny. [Encyclopedia of sports medicine.] St. Petersburg, Lan', 2003, 360 p. (in Russian).

5. Gaenko, V.P. Metodologicheskie aspekty teorii bezopasnosti slozhnykh sistem. [Methodological aspects of the theory of security of complex systems.] St. Petersburg, NITS BTS, 2004, 194 p. (in Russian).

6. Esipov, J.V. Razrabotka algoritma rascheta veroyatnostnogo pokazatelya bezopasnosti tekhnicheskoy sistemy "zashchita – ob'ekt - sreda". [Development of calculation algorithm of the probabilistic factor of safety of technical systems "protection — object — environment".] Bezopasnost' tekhnogennykh i prirodnykh system, 2017, no. 1. Available at: <http://bps-journal.ru/publications/2016/1-2017> (in Russian).

7. Dzhilyadzi, M.S., Mamatchenko, N.S. Razrabotka i primeneniye parametricheskoy modeli "vozdeystvie – vospriimchivost'" na primere otsenki pokazateley elektricheskoy bezipasnosti. [Development and application of parametric model "influence — susceptibility" based on the example of electrical safety performance assessment.] Sistemy obespecheniya tekhnosfernoy bezopasnosti: sb. dokl. III Vserossiysk. nauch. Konf. [Systems of ensuring technosphere safety. Coll. of works of III. All-Russian scientific conf.] Taganrog, 2016, p.132-133 (in Russian).

8. Mamatchenko, N.S., Durnoyan, A.G. Logiko-vozmozhnostnaya otsenka travmirovaniya v igrovyykh vidakh sporta. [Logical-possibilistic evaluation of injury in team sports.] 12 ezhegodnaya nauch. konf. studentov i aspirantov bazovykh kafedr YUNTS RAN, sb. dokl. [The 12th annual scientific. conf. of undergraduate and graduate students of basic departments of the SSC RAS, coll. of works.] Rostov-on-Don, 2016, pp. 194-195 (in Russian).

9. Esipov, Y.V., Dzhilyadzi, M.S., Mamatchenko, N.S. Razrabotka logiko-vozmozhnostnogo algoritma otsenki riska kriticheskikh infrastruktur. [Development of logical-possibilistic algorithm of risk assessment of critical infrastructures.] Bezopasnost' kriticheskikh infrastruktur i territoriy: materialy VII Vserossiysk. konf. i XVII shk. dlya molodykh uchenykh. [Safety of critical infrastructures and territories: materials of VII all-Russian. conf. and XVII school for young scientists.] Ekaterinburg, 2016,

критических инфраструктур и территорий : материалы VII Всероссийск. конф. и XVII шк. для молодых ученых. — Екатеринбург, 2016. — С. 28–32.

pp. 28-32 (in Russian).

Поступила в редакцию 05.09.2017  
Сдана в редакцию 06.09.2017  
Запланирована в номер 29.09.2017

Received 05.09.2017  
Submitted 06.09.2017  
Scheduled in the issue 29.09.2017

**Маматченко Николай Сергеевич,**  
*аспирант Донского государственного технического университета,*  
*(РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)*  
[voleybol1.94@mail.ru](mailto:voleybol1.94@mail.ru)

**Mamatchenko Nikolay Sergeevich,**  
*postgraduate student, Don State Technical University (Russia, Rostov-on-Don, Gagarin sq., 1)*  
[voleybol1.94@mail.ru](mailto:voleybol1.94@mail.ru)

**Есипов Юрий Вениаминович,**  
*профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защиты окружающей среды» Донского государственного технического университета, доктор технических наук,*  
*(РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)*  
[yu-yesipov5@yandex.ru](mailto:yu-yesipov5@yandex.ru)

**Esipov Yuriy Veniaminovich,**  
*Professor of the Department "Life safety and environmental protection," Don State Technical University, doctor of technical Sciences,*  
*(Russia, Rostov-on-Don, Gagarin sq., 1)*  
[yu-yesipov5@yandex.ru](mailto:yu-yesipov5@yandex.ru)