УДК 796 **DOI: 10.14526/2070-4798-2022-17-4-75-83**

Кинематические параметры выполнения заключительной фазы прыжков в воду I и IV класса с трамплина сильнейших спортсменов

Распопова Е.А.*, Куркин П.Е.
Российский Университет Спорта «ГЦОЛИФК»
г. Москва, Россия
*ORCID: 0000-0002-1129-4492, raspopova48@mail.ru**
ORCID: 0000-0002-7012-5824, pinky_95@mail.ru

Аннотация: В современной литературе сведения о кинематических параметрах выполнения наиболее важной и сложной фазы прыжков в воду – входа в воду – весьма ограничены. Известны публикации Гороховского Л.З. [1], Распоповой Е.А [2], а также авторов данной статьи [3], посвященные вопросам брызгообразования при выполнении спортивных прыжков в воду, однако они не полностью отражают вопросы теории и практики данного вида спорта. Основные работы зарубежных авторов, изучающих качество входа в воду, посвящены вопросам гидродинамики [4, 5, 6]. Возникают вопросы о кинематике движений спортсменов в момент погружения, обеспечивающих качественный вход в воду. В связи с этим данная статья посвящена анализу кинематических параметров движений участников Олимпийских игр 2020 года в прыжках с трехметрового трамплина. ***Материал***. В статье приводятся данные кинематического анализа выполнения заключительной фазы прыжка в воду сильнейшими спортсменами мира на основе анализа видеоматериалов финальных соревнований Олимпиады в Токио 2020 г. ***Методы исследования***: анализ научной литературы, измерение углов положения тела спортсменов с помощью специальной компьютерной программы «Screen protractor», методы статистической обработки данных (вычисление X средних величин и среднеквадратических отклонений). ***Результаты***. Определены кинематические параметры выполнения заключительной фазы прыжка спортсменами высокого класса. ***Выводы***. Установлено, что спортсмены высокого класса выполняют заключительную часть фазы полета с малой вариативностью в прыжках как I, так и IV класса, а оценка судей за прыжок в большей степени отражает общее впечатление за прыжок, его высоту, скорость вращения и точность выполнения заключительной фазы, поэтому прыжки I класса оцениваются выше, чем прыжки IV класса..
Ключевые слова: прыгуны в воду, кинематические параметры прыжка, оценка качества прыжка.

Для цитирования: Распопова Е.А.*, Куркин П.Е. Кинематические параметры выполнения заключительной фазы прыжков в воду I и IV класса с трамплина сильнейших спортсменов. Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2022; 17(4): 75-83. DOI: 10.14526/2070-4798-2022-17-4-75-83.

Kinematic parameters of the final phase of the I and IV class springboard dives fulfillment among the best athletes

Evgeniya A. Raspopova*, Pavel E. Kurkin
Russian University of Sport "SCOLIPC"
Moscow, Russia
*ORCID: 0000-0002-1129-4492, raspopova48@mail.ru**
ORCID: 0000-0002-7012-5824, pinky_95@mail.ru

Abstract: In present day information sources it is possible to find only restricted kind of data concerning kinematic parameters of performing the most important and difficult phase of diving – water entry. There are publications of Gorokhovsky L.Z. [1], Raspopova E.A. [2] as well as the works of the authors of this article [3], dedicated to splash formation during sports diving fulfillment, however, they do not fully reflect all theory and practice issues of this kind of sport. The main papers of the foreign authors, who study water entry quality, are focused on hydrodynamics

[4, 5, 6]. There appear the questions concerning the kinematics of athletes' movements during the moment of diving. They provide the quality of water entry. Therefore, this article is devoted to analysis of kinematic parameters of the participants' movements at the Olympic Games 2020 in diving from three-meter springboard. ***Material***. The article describes kinematical analysis of the final phase of the dive fulfillment by the World's strongest athletes on the basis of video material of the final competition of the Olympic Games 2020 in Tokyo. Research methods. Scientific information sources analysis, measuring the angles of the athletes' body positions by means of a special computer program "Screen protractor", methods of statistical data processing (calculation of X mean values and root-mean-square deviations). ***Results***. We defined kinematic parameters of the final phase of a dive fulfillment by high-class athletes. ***Conclusion***. It was stated that high-class athletes fulfill the final part of a flight phase with a small variability in dives both of I and IV classes, and the judges' assessment of a dive to a greater extent, reflects an overall impression of a dive, its height, rotation speed and accuracy of the final phase fulfillment. Therefore, I class jumps are rated higher than IV class dives.
Keywords: divers, kinematic parameters of the dive, quality assessment of the dive.

For citation: Evgeniya A. Raspopova*, Pavel E. Kurkin. Kinematic parameters of the final phase of the I and IV class springboard dives fulfillment among the best athletes. Russian Journal of Physical Education and Sport. 2022; 17(4): 75-83. DOI: 10.14526/2070-4798-2022-17-4-75-83.

Актуальность

В современной литературе сведения о кинематических параметрах выполнения наиболее важной и сложной фазы прыжков в воду – входа в воду – весьма ограничены. Известны публикации Гороховского Л.З. [1], Распоповой Е.А [2], а также авторов данной статьи [3], посвященные вопросам брызгообразования при выполнении спортивных прыжков в воду, однако они ещё не полностью отражают все вопросы теории и практики данного вида спорта.

Качество входа в воду, продемонстрированное спортсменом, не всегда точно отражается в оценке за прыжок, поскольку судейство учитывает множество деталей, таких как высота отталкивания, правильность и чистота исполнения всех фаз прыжка, легкость, грациозность и, естественно, общее впечатление о прыжке. Однако при прочих равных условиях вход в воду в значительной степени влияет на оценку за весь прыжок.

Программа финальных соревнований у мужчин включает сложные прыжки с большим количеством оборотов вокруг продольной и поперечной осей тела, что заставляет спортсменов завершать вращения на небольшом расстоянии от поверхности воды. Поэтому времени на подготовку к входу в воду (открытие) и на принятие правильного положения перед погружением остается очень мало.

Практически все мужчины в своих программах выполняли 4,5 оборота вперёд из передней стойки (I класс) и 3,5 оборота вперед из задней стойки (IV класс). Для лучшего управления скоростью вращения в прыжке спортсмены выполняют «раскрытие в два темпа», то есть выпрямление тела происходит последовательно сначала в согнутое положение (выпрямляются ноги и руки), а затем последовательно выпрямляется все тело, создавая обтекаемое положение для погружения в воду. От точности движений спортсменов в завершающий момент фазы полета в значительной степени зависит качество входа в воду, а следовательно, и оценка за прыжок в целом.

Работ, направленных на изучение кинематических параметров выполнения движений в завершающий момент фазы полета при выполнении прыжков I и IV класса, в научной литературе недостаточно [2]. Основные работы зарубежных авторов, изучающих качество входа в воду, посвящены вопросам гидродинамики [4, 5, 6]. При этом вопросы кинематики движений спортсмена в момент погружения, обеспечивающих качественный вход в воду, изучены не полностью. В связи с этим данная статья посвящена определению наиболее рациональных кинематических параметров движений участников Олимпийских игр 2020 года в прыжках с трехметрового трамплина.

Материалы и методы

Был проведен анализ техники входа в воду 12 спортсменов, участников финальных соревнований с трамплина на Олимпийских играх в Токио 2020 года, с помощью специальной компьютерной программы «Screen protractor», позволяющей быстро измерить любой угол на экране с точностью до градуса или радиана.

Проанализирована техника выполнения заключительной части фазы полета в прыжках с вращением вперед из передней и задней стойки (I и IV класс). Определялись кинематические параметры движений спортсменов над водой, в момент открытия (остановки вращения), а именно, движения рук, ног, туловища перед погружени-

ем и во время погружения. Определялись углы в плечевых, тазобедренных суставах и углы положения тела относительно поверхности воды в момент погружения. Измерения проводились: 1) в момент касания рук воды; 2) при погружении до уровня плеч; 3) до уровня таза и 4) в момент полного погружения, когда ноги спортсмена уходят под воду.

Качество входа в воду оценивалось экспертами по разработанной нами системе: нет брызг, вход погашен – 9-10 баллов; мало брызг (воздушная подушка) – 7-8 баллов; имеются всплески – 5-6 баллов; имеются значительные всплески 3-4 балла, высокие брызги 1-2 балла, высокий брызговой фонтан – 0.

Кроме того, фиксировалась оценка судей за прыжок во время соревнований.

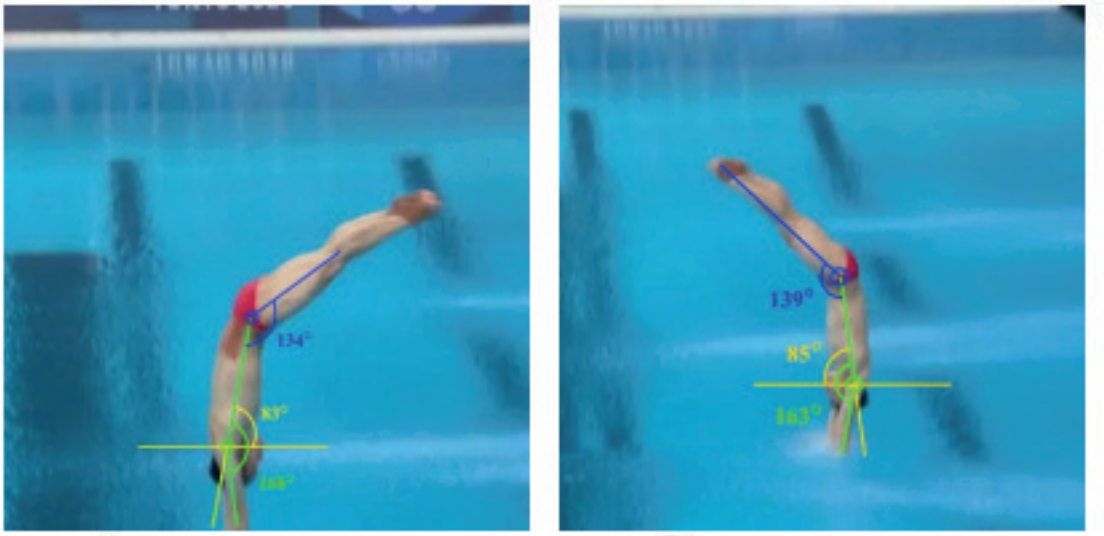
Результаты исследований были обработаны методами математической статистики. Рассчитывались: X – средние величины, σ – среднеквадратические отклонения.

Результаты и обсуждение

Экспериментально было выявлено, что время от раскрытия до касания руками поверхности воды составляет всего от 0,2 до 0,55 секунд, как при вращениях из I класса, так и при выполнении прыжков IV класса, что связано со сложностью выполняемого прыжка.

Проведенный анализ кинематических параметров выполнения заключительной части фазы полета позволил определить углы положений звеньев тела спортсмена в различные моменты подготовки к погружению в воду.

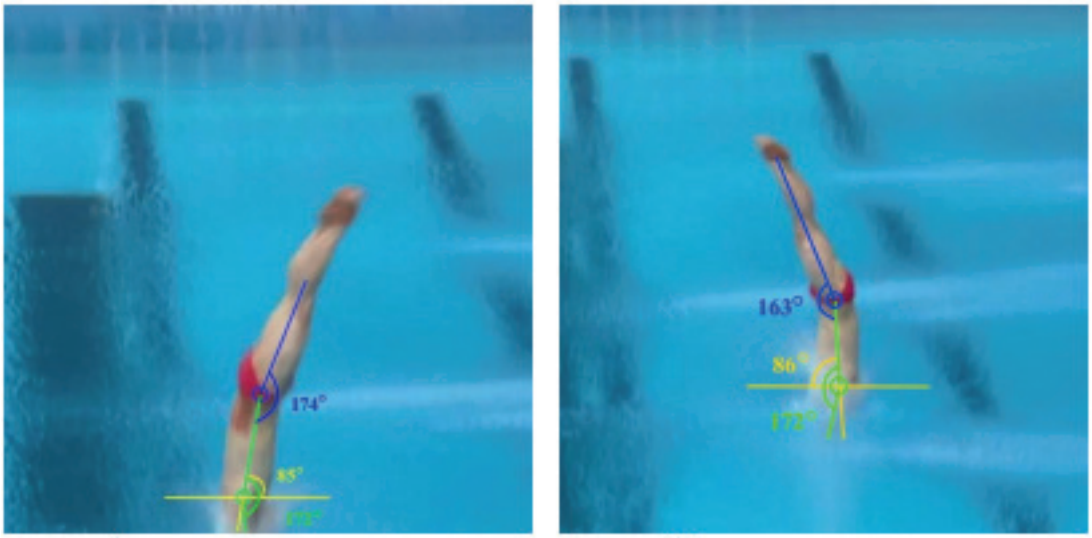
Рассмотрим положения тела при выполнении заключительной части фазы полета на примере спортсмена, получившего наивысшие оценки за выполнение прыжка и качество входа в воду.



А Б

Рис. 1. Первая часть погружения. Момент касания рук воды после вращения: А– в прыжках I класса, Б – в прыжках IV класса

На рис. 1А и 1Б представлены кинематические параметры выполнения остановки вращения спортсмена и подготовке к входу в воду. В момент касания рук воды угол в тазобедренных суставах составляет 134° и 139°, а в плечевых – 168° и 163°. Положение тела спортсмена не достигло вертикального положения и составляет 83° и 85°. Для этого момента характерен большой угол в тазобедренных суставах и небольшой в плечевых суставах. Относительно поверхности воды спортсмен находится в «недоходе» до вертикальной линии.

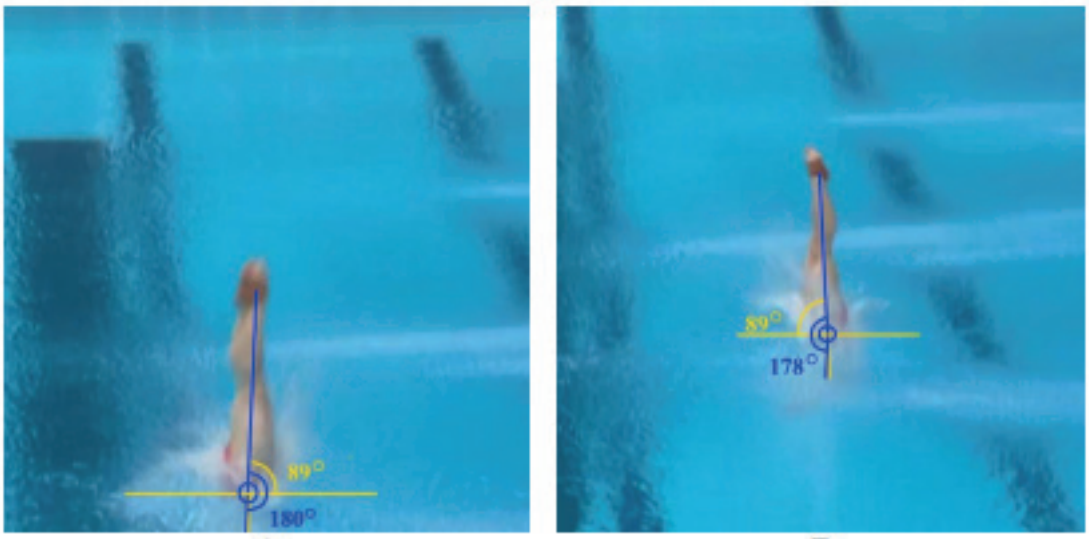


А Б

Рис. 2. Вторая часть погружения. Погружение до уровня плеч: А– в прыжках I класса, Б – в прыжках IV класса

На рис. 2А и 2Б представлен следующий момент погружения – до уровня плечевых суставов. В этот момент ноги и руки спортсмена постепенно выпрямляются в одну линию с туловищем. Угол погружения приближается к вертикали и составляет 85° и 86° соответственно.

На рис. 3А и 3Б представлен момент погружения спортсмена до уровня таза. Углы в тазобедренных суставах составляют 180° для I класса и 178° для IV класса, а положение тела (ног) над водой составляет 89° в обоих случаях. То есть вход в воду практически вертикальный.



А Б

Рис. 3.Третья часть погружения. Погружение по пояс; А – в прыжках I класса, Б – в прыжках IV класса

Финальный момент погружения, представленный на рисунке 4А и 4Б свидетельствует о том, что угол стоп спортсмена относительно поверхности воды составляет 93° и 91°, что означает незначительный «переход», не всегда заметный для глаза судей. В идеальном исполнении угол погружения должен быть абсолютно вертикальным (90°).

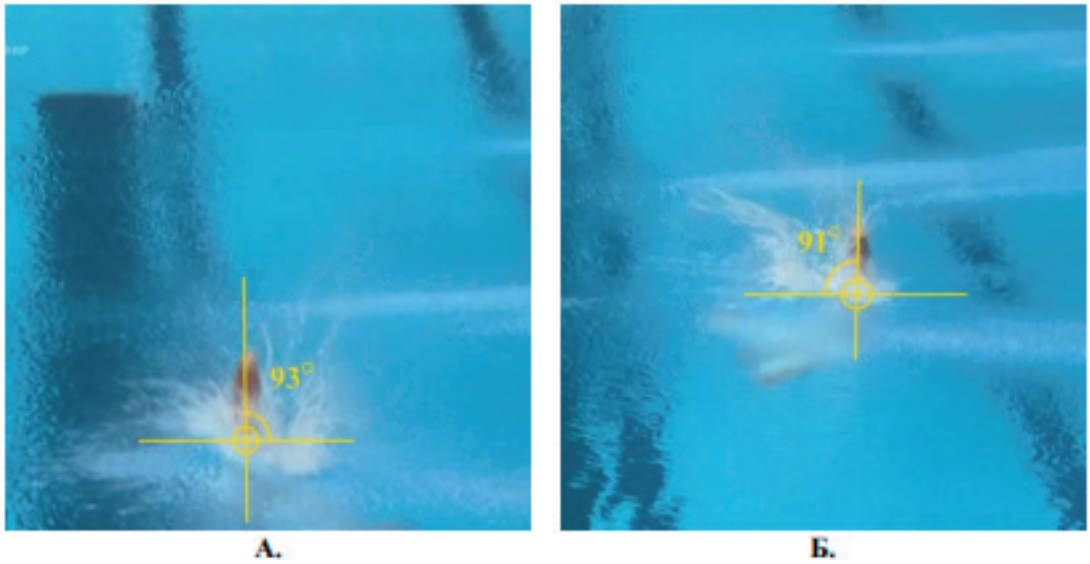


Рис. 4. Четвертая часть погружения. Финальный момент погружения: А – в прыжках I класса, Б – в прыжках IV класса

Данные измерения углов в различные моменты погружения 12 финалистов Олимпийских игр в Токио-2020 приведены в таблицах 1 и 2.

Рассмотрим данные кинематических параметров выполнения спортсменами прыжков I класса, то есть прыжков с вращениями вперёд из передней стойки.

Анализ полученных данных, представленных в таблице 1, показал, что в первой части погружения (в момент касания рук воды) спортсмены находятся в согнутом положении в тазобедренных суставах, угол в среднем составляет 152°±10,3°, а в плечевом – 158°±6,5°. Угол тела относительно воды в этот момент приблизительно равен 73°, вариативность составляет 6,1°.

В следующей части погружения, в момент погружения плеч в воду, угол тела относительно воды равен в среднем 77,5°±3,8°, а в тазобедренных и плечевых суставах составляет, соответственно, 168°±6,4° и 164,5°±6,1°.

При погружении до уровня пояса угол тела относительно воды достигает 85°±3,4°. При этом угол в тазобедренных суставах практически незаметен и равен в среднем 173,6°±4,7°.

В заключительный момент погружения угол стоп с поверхностью воды составляет 90,5°±3,1°.

При входе в воду мужчин с данного снаряда характерно неполное выпрямление в плечевых и тазобедренных суставах и отклонение от вертикальной линии на 3,12° для прыжков I класса. Некоторые спортсмены не полностью выпрямляли руки перед погружением, отдельные спортсмены не успевали соединить кисти рук, что приводило к увеличению бризового фонтана.

Анализ индивидуальных данных параметров выполнения входа в воду в прыжках IV класса (вращения вперёд из задней стойки) сильнейшими спортсменами (таблица 2) показал, что, как и в прыжках I класса, все спортсмены в первой части погружения имеют достаточно большой угол в тазобедренных суставах – 154,8°±17,3°, а угол в плечевых суставах – 159°±6,6°. Угол (тела относительно поверхности воды) в этот момент погружения составляет 82,3°±5,1°, что значительно ближе к вертикальной линии, чем в прыжках I класса.

Таблица 1

Кинематические параметры выполнения заключительной части фазы полета в прыжках I класса финалистов Олимпийских игр 2020 г.

Имя, фамилия спортсмена	Положение тела на разных стадиях погружения после первого вращения (1 класс)								Оценка
	В момент входа в воду			Погружение до уровня таз			Угол входа в воду	Оценка	Экспертная оценка
	Угол относительно воды	Угол в плечевом суставе	Угол в тазобедренном суставе	Угол погружения	Угол в плечевом суставе	Угол в тазобедренном суставе	Угол погружения	Угол в тазобедренном суставе			
SiyiXIE	83	168	148	83	172	174	89	180	93	9	8,5
Zongyuan WANG	71	157	150	78	168	169	85	173	91	9	9
Jack LAUGHER	73	160	164	76	165	174	85	178	91	8,5	8,5
Haram WOO	79	158	140	81	163	164	85	170	87	8	7,5
Evgenii KUZNETSOV	72	165	149	76	170	161	86	168	89	8,5	8
Rommel PACHECO	68	157	162	75	162	178	84	182	92	8,5	8
Martin WOLFRAM	83	166	129	84	173	155	89	167	95	6	5,5
Anton DOWN-JENKINS	73	157	151	77	164	169	84	173	91	8	8,5
James HEATLY	68	152	160	72	157	167	80	172	86	7,5	7,5
Andrew CAPOBIANCO	63	143	168	72	150	177	80	179	86	6,5	6,5
Mohab ISHAK	79	162	148	81	165	167	92	169	96	7,5	6,5
Ken TERAUCHI	68	154	154	75	165	165	82	173	89	8	8
X	73,33	158,25	151,92	77,50	164,50	168,33	85,08	173,67	90,50	7,92	7,67
σ	6,13	6,53	10,36	3,82	6,10	6,45	3,45	4,77	3,12	0,89	0,99

Таблица 2

Кинематические параметры выполнения заключительной части фазы полета в прыжках IV класса финалистов Олимпийских игр 2020 г.

Имя, фамилия спортсмена	Положение тела на разных стадиях погружения после вертикального вращения (IV класс)										Оценка	Десятая оценка
	В момент касания воды кистями рук			Погружение до уровня плеч			Погружение до уровня пояса			Угол входа в воду		
	Угол относительно воды	Угол в плечевом суставе	Угол в тазобедренном суставе	Угол погружения	Угол в плечевом суставе	Угол в тазобедренном суставе	Угол погружения	Угол в тазобедренном суставе				
Siyi XIE	85	163	139	86	172	163	89	178		91	8,5	8
Zongyuan WANG	79	152	170	81	163	178	87	179		91	8,5	8,5
Jack LAUGHER	80	159	172	85	172	178	89	183		93	8	7
Haram WOO	82	154	168	85	163	173	90	182		93	8	9
EvgeniiKUZNETSOV	85	167	150	87	172	171	90	180		93	7,5	7,5
Rommel PACHECO	75	162	161	79	171	170	82	177		85	7	6,5
Matin WOLFRAM	93	173	116	96	177	142	98	167		98	7	8,5
Anton DOWNJENKINS	83	164	155	86	172	175	89	180		93	7,5	8,5
James HEATLY	82	156	158	86	165	172	89	178		91	7	7
Andrew CAPOBIANCO	79	150	167	83	166	170	87	175		89	7,5	8,5
Mehdi ISHAK	90	153	130	96	151	148	101	180		118	4	3
Kent TERAUCHI	75	155	172	84	173	175	87	177		87	7,5	7,5
X	82,33	159,00	154,83	86,17	168,08	167,92	89,83	178,00		93,50	7,33	7,46
σ	5,19	6,62	17,29	4,91	6,65	11,02	4,83	3,94		8,04	1,12	1,53

В следующей части погружения, в момент погружения плеч в воду, угол тела относительно воды равен в среднем 77,5°±3,8°, а в тазобедренных и плечевых суставах составляет, соответственно, 168°±6,4° и 164,5°±6,1°.

При погружении до уровня пояса угол тела относительно воды достигает 85°±3,4°. При этом угол в тазобедренных суставах практически незаметен и равен в среднем 173,6°±4,7°.

В заключительный момент погружения угол стоп с поверхностью воды составляет 90,5°±3,1°.

При входе в воду мужчин с данного снаряда характерно неполное выпрямление в плечевых и тазобедренных суставах и отклонение от вертикальной линии на 3,12° для прыжков из I класса. Некоторые спортсмены не полностью выпрямляли руки перед погружением, отдельные спортсмены не успевали соединить кисти рук, что приводило к увеличению бризового фонтана.

В следующий момент погружения углы в плечевых суставах спортсменов уменьшаются до 168°±6,6°, а в тазобедренных до 167,9°±11°. Угол тела относительно воды приближается к вертикали и в данный момент составляет 86,1°±4,9°.

В момент, когда спортсмены погружаются до

пояса угол в тазобедренных суставах практически незаметен, в среднем он составляет 178°±3,9°. Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что в данный момент погружение практически вертикально, средний показатель 89,8°±4,8°.

Таким образом, для заключительного момента погружения при выполнении прыжков IV класса мужчинам свойственно входить в воду с небольшим переходом. Средний угол тела относительно воды составил 93,5°±8°.

Большая вариативность угла относительно воды в прыжках IV класса связана с неудовлетворительным исполнением прыжка одним из спортсменов, который допустил ошибку при входе в воду. Без учета данных этого спортсмена, средний показатель заключительного момента погружения уменьшается до 91,2°±3,3°.

Были сопоставлены экспертные оценки за качество входа в воду с оценками судей за качество выполнения прыжка в целом. В прыжках I класса средняя оценка за прыжок была 7,92±0,97. Причем экспертная оценка входа в воду составила всего 7,67±0,99. В то же время средняя оценка за прыжок IV класса была 7,33±1,12, а экспертная выше – 7,96±1,53. Как видно из представленных данных, оценка судей за прыжки I класса выше экспертной. В то же время экспертная оценка входа в воду в прыжках IV класса выше, чем экспертная оценка за прыжки I класса.

Это объясняется тем, что чистота и точность выполнения входа в воду, демонстрируемые спортсменами, не всегда отражаются в судейской оценке, но определённо влияют на неё. По-видимому, это связано со сложным субъективным оцениванием прыжков судьями, которые, помимо входа в воду, оценивают все элементы прыжка, такие как высота отталкивания, легкость и чистота исполнения вращений, техника и красота движений, то есть общее впечатление о прыжке. Прыжки I класса, выполняемые с разбега, всегда завершаются выше, чем прыжки IV класса, и создают у судей лучшее впечатление о прыжке в целом. В нашем исследовании эксперты оценивали только качество входа в воду, что отразилось в более высоких оценках за прыжки IV класса.

Заключение

Проведенное исследование показало, что спортсмены высокого класса выполняют заключительную часть фазы полета с малой вариативностью в прыжках как I, так и IV класса.

Выявлено, что время от раскрытия до касания руками поверхности воды составляет всего 0,33±0,1 сек. как при вращениях из I класса, так и при выполнении прыжков IV класса, что связано со сложностью выполняемого прыжка.

Разброс кинематических параметров при выполнении прыжков I и IV класса в первой части погружения (в момент касания рук воды) имеет достаточно большой угол в тазобедренных суставах – 152°±10° и 154,8±17,2° соответственно. Угол в плечевых суставах также приблизительно одинаков –158°±6,5° и 159°±6,6°. А угол тела относительно поверхности воды в этот момент в прыжках IV класса составляет 82,3°±5,2°, что значительно ближе к вертикальной линии, чем в прыжках I класса – 73,3°±66,1°. По-видимому, это связано с тем, что прыжки I класса завершаются на большей высоте от поверхности воды, чем прыжки IV класса, и времени для принятия правильного положения для входа в воду в прыжках IV класса, соответственно, меньше. При выполнении прыжков IV класса мужчинам свойственно входить в воду с небольшим «переходом». Средний угол тела относительно воды составил 93,5°±8°.

Оценка, выставляемая судьями за прыжок в большей степени оценивает общее впечатление за прыжок, его высоту, скорость вращения и точность выполнения заключительной фазы, поэтому прыжки I класса оцениваются выше, чем прыжки IV класса.

Список литературы

1. Гороховский Л.З., Шорыгин О.П., Шульман Н.А., Николаевнко А.Г. Исследование гидродинамических условий выполнения «погашенного» входа в воду в прыжках с трамплина и вышки. *Научная информация*. М.: ГЦОЛИФК, ЦАГИ. 1980: 33.

2. Распопова Е.А. *Теория и методика прыжков в воду*. М.: ООО «Торговый дом «Советский спорт». 2021: 312.

3. Распопова Е.А., Куркин П.Е. Кинематические параметры движений спортсменов, направленных на снижение брызгообразования при выполнении спортивных прыжков в воду. *Вестник МГПУ*. 2017.

4. Qian, J., Zhang, S., Jin, H. *Computer simulation of "splash control" and research of the rip entry technique in competitive diving*. 2010.

5. Harrison S.M., Cohen R.C., Cleary P.W., Barris S., Rose G., Forces on the body during elite competitive platform diving, in: Ninth International Conference on Computational Fluid Dynamics in the Minerals and Process Industries (CFD2012). 2012.

6. Driscoll H., Gaviria S., & Goodwill S. (2014). Analysing splash in competitive diving. *Procedia Engineering*. 2010; 72 (Fina 2010): 26–31.

Статья поступила в редакцию: 20.11.2022

Распопова Евгения Андреевна *– доктор педагогических наук, профессор; Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», 105122, Россия, г. Москва, Сиреневый бульвар, дом 4, e-mail: raspopova48@mail.ru*
Куркин Павел Евгеньевич *– аспирант, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», 105122, Россия, г. Москва, Сиреневый бульвар, дом 4, e-mail: pinky_95@mail.ru*