

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ШТАНГИ В КЛАССИЧЕСКИХ ТЯЖЕЛОАТЛЕТИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЯХ ПРИ ПОДЪЕМЕ СУБМАКСИМАЛЬНЫХ И МАКСИМАЛЬНЫХ ВЕСОВ



ШАЛМАНОВ

Анатолий Александрович

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва
Заведующий кафедрой биомеханики, доктор педагогических наук, профессор,
e-mail: shalmanov_bio@bk.ru

SHALMANOV Anatoly

Russian State University of Physical Culture, Sport, Youth and Tourism (GTSOLIFK), Moscow
Head of the Department of Biomechanics, Doctor of Education Sc., Professor,
e-mail: shalmanov_bio@bk.ru

Ключевые слова: тяжелая атлетика, техническая подготовленность, сравнительный биомеханический анализ.

Аннотация. В статье рассматривается кинематика и динамика движения штанги в рывке и толчке при подъеме максимальных и субмаксимальных весов спортсменами высокой квалификации в условиях официальных соревнований.

СКОТНИКОВ

Виталий Федорович

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва
Заведующий кафедрой тяжелоатлетических видов спорта им. А.С. Медведева, кандидат педагогических наук, профессор, e-mail: skotnikov1962@mail.ru,

SKOTNIKOV Vitaly

Russian State University of Physical Culture, Sport, Youth and Tourism (GTSOLIFK), Moscow
Head of the Department of Weightlifting Sports, Ph.D., Professor, e-mail: skotnikov1962@mail.ru

БАЮРИН

Александр Павлович

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва
Старший преподаватель кафедры тяжелоатлетических видов спорта им. А.С. Медведева, e-mail: alex-box1970@mail.ru

BAYURIN Alexander

Russian State University of Physical Culture, Sport, Youth and Tourism (GTSOLIFK), Moscow
Senior lecturer in the Department of Weightlifting Sport, e-mail: alex-box1970@mail.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF ROD MOTION IN CLASSICAL WEIGHTLIFTING EXERCISES WHEN LIFTING SUBMAXIMAL AND MAXIMAL WEIGHTS

Keywords: weightlifting, technical readiness, comparative biomechanical analysis.

Abstract. Experts on weightlifting know, that at a level of the maximum sports skill growth of results can go only due to increase in average weight of a barbell, which occurs by moving quantity of rises of a barbell from a zone of intensity of 81-90 % in a zone of intensity of 91-100 %. The quantity of rises of a barbell in a zone of intensity of 91-100 % a parameter strictly individual, but it is deciding in preparation of sportsmen of high qualification. Therefore it is necessary to study more deeply laws of change kinematic and dynamic characteristics of movement of a barbell at rise of the submaximal and maximal weights.

Kinematic and dynamic parameters of movement of a barbell determined with the help of the method an estimation of technical and speed and power fitness of weightlifters «GCOLIFK-2012», used in conditions of competitions. The first and third attempts in snatch and jerk at 8 weightlifters in weight categories of 105 kg and 105 + kg have been processed. The result in the third attempt was considered as maximal, and in the first as submaximal. In snatch the submaximal weight has made on the average 96 % from a maximum in this exercise, in jerk – 95%.

As a result of this research it is established, that the increase in weight of a barbell in snatch and jerk in a zone of intensity of loadings of 91-100 % results in reduction of height of rise by vertical making speed of a barbell, is especial in a phase of final part of movement. As against snatch, in jerk parameters of a horizontal deviation of position of a barbell statistically significantly change at rise on a breast. The time and dynamic structure of exercises is practically identical. In particular, it is not revealed changes in parameters of the maximal vertical and horizontal power in phases of preliminary and final dispersal of a bar in jerk, rise on a breast and pushing out from a breast. Only the maximum of vertical force statistically significantly increases with increase in weight of a barbell.

Актуальность. В специальной литературе имеется довольно много работ, посвященных изучению кинематики и динамики рывка и толчка, в особенности рывка классического. Во многих из них показано, что с увеличением веса штанги увеличивается время предварительного и финального разгона снаряда, уменьшается максимальная скорость, высота подъема и выходная мощность, развиваемая атлетами [3, 6, 7, 8, 9]. Однако в работе говорится о том, что в фазе финального разгона мощность увеличивается с увеличением веса штанги, тогда как механическая работа остается постоянной [10].

Специалистам по тяжелой атлетике давно известно, что на уровне высшего спортивного мастерства рост результатов может идти только за счет увеличения среднего веса штанги, который происходит путем перемещения количества подъемов снаряда из зоны интенсивности 81–90% в зону интенсивности 91–100%, при сохранении неизменным объема тренировочной нагрузки [1]. Совершенно очевидно, что количество подъемов штанги в зоне интенсивности 91–100% – показатель строго индивидуальный и зависит от множества факторов, но он является решающим в подготовке спортсменов высокой квалификации. Именно поэтому необходимо глубже изучить закономерности изменения кинематических и динамических характеристик движения штанги при подъеме субмаксимальных и максимальных весов.

Цель исследования. Провести сравнительный биомеханический анализ кинематических и динамических показателей движения штанги в рывке и толчке при подъеме субмаксимальных и максимальных весов спортсменами

высокой квалификации в условиях соревнований.

Методика исследования. Кинематические и динамические показатели движения штанги определяли с помощью переносного варианта методики изучения и оценки технической и скоростно-силовой подготовленности тяжелоатлетов «ГЦОЛИФК-2012», используемого в условиях соревнований [2]. В состав методики входили две фото-видеокамеры «Сапон», два ноутбука и система синхронизации работы камер. На торцах грифа штанги крепились пассивные маркеры. Видеокамеры располагались с двух сторон тяжелоатлетического помоста на расстоянии 7,5 м от концов грифа штанги. Оптические оси камер направлены перпендикулярно плоскости съемки на высоте 1,2 м от поверхности помоста. Частота съемки – 50 кадров в секунду. Использование двух фото-видеокамер позволяло определить показатели движения ЦМ штанги. Такой способ регистрации исключает погрешности в определении горизонтальных показателей движения штанги, обусловленных влиянием вращения снаряда относительно вертикальной оси, проходящей через его центр масс [4]. Съемка проводилась во время соревнований на Кубке Президента РФ (2013 г.) в г. Мытищи.

С помощью соответствующего программного обеспечения были обработаны первая и третья попытки в рывке и толчке у 8 тяжелоатлетов в весовых категориях 105 кг (4 чел.) и 105+ кг (4 чел.). Рост атлетов – $1,82 \pm 0,03$ м, масса тела – $116,8 \pm 17,0$ кг, возраст – $26,4 \pm 5,7$ года (табл. 1). Результат в третьей попытке рассматривался как максимальный, а в первой как субмаксимальный. В рывке субмаксимальный вес

Таблица 1

Характеристика испытуемых

Испы- туемый	Возраст (лет)	Рост (м)	Масса (кг)	Рывок (кг)		Толчок (кг)	
				субм.	макс.	субм.	макс.
1	20	1,81	104,9	174	182	210	225
2	25	1,78	103,9	180	187	215	226
3	34	1,86	103,6	160	171	195	202
4	21	1,80	102,0	170	175	207	220
5	29	1,84	148,7	181	191	222	231
6	26	1,82	113,4	185	191	220	230
7	30	1,88	128,8	183	187	220	228
8	18	1,80	128,9	170	180	212	226

составил в среднем 96% от максимума в этом упражнении, а в толчке соответственно 95%.

Бали рассчитаны три группы показателей. Первая группа – пространственные показатели траектории штанги. Высота снаряда в различные моменты его подъема и отклонение ЦМ штанги от вертикали, проведенной в момент отрыва штанги от помоста. За ноль отсчета высоты подъема принято положение торца грифа штанги в момент отрыва от помоста.

Отклонение ЦМ штанги от вертикали в сторону атлета считалось положительным, а от атлета – отрицательным.

Вторая группа показателей – вертикальные и горизонтальные составляющие скорости штанги и некоторые временные показатели ее движения.

Третья группа показателей – вертикальные и горизонтальные составляющие силы, приложенной к штанге, и слагаемые мощности,

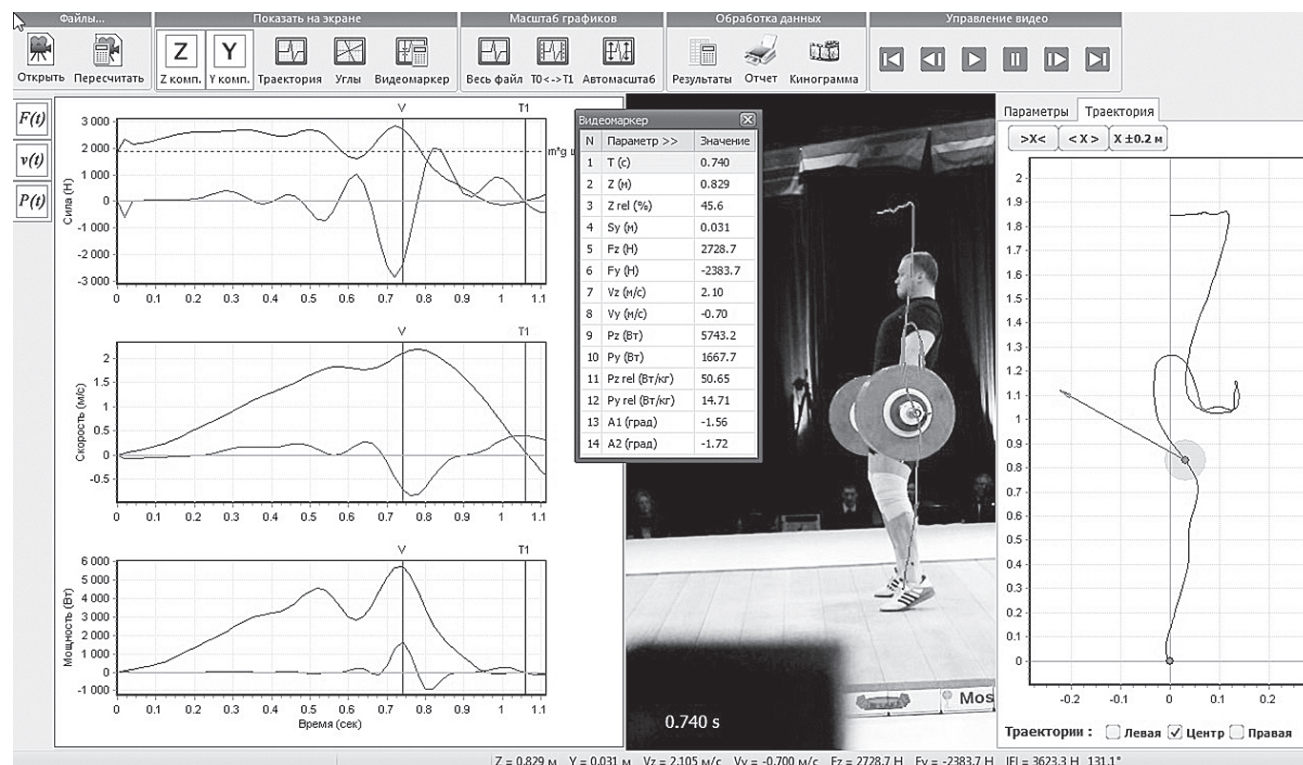


Рис. 1. Графики изменения силы, скорости и мощности, положение атлета и траектория ЦМ штанги. Пример

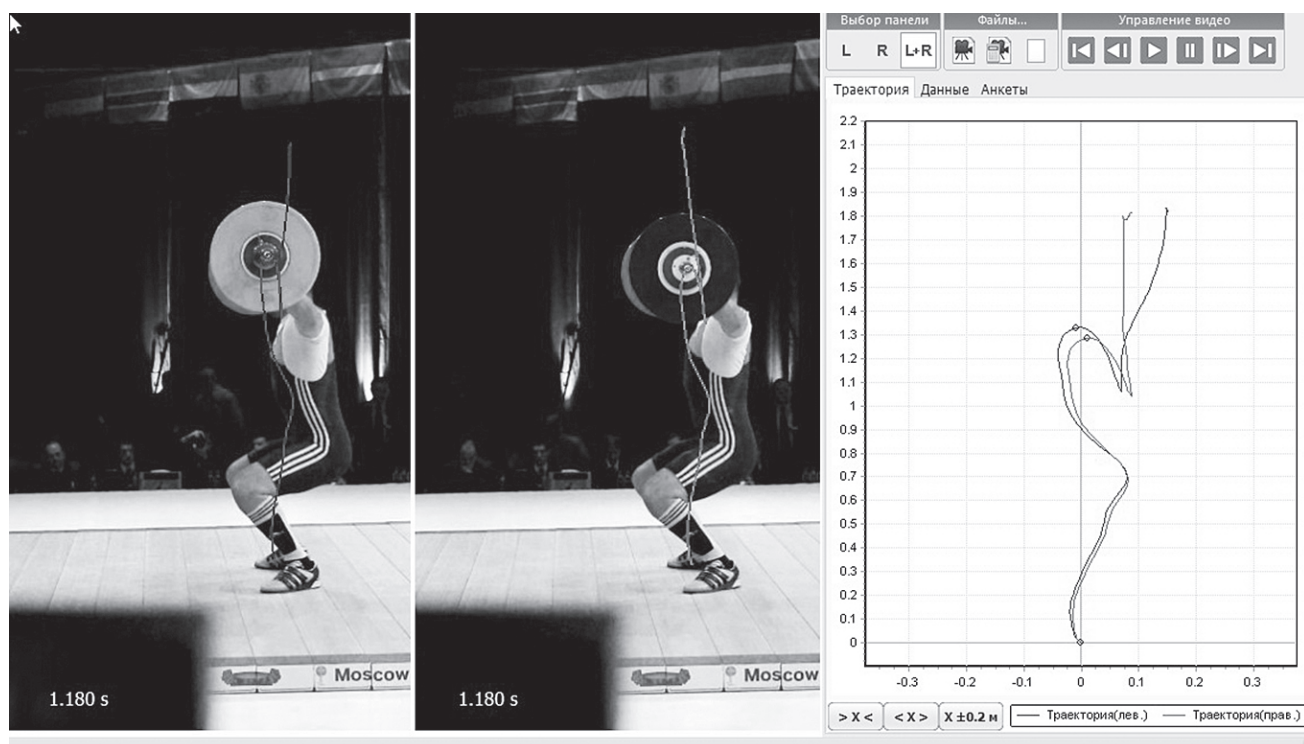


Рис. 2. Положение атлета и штанги в наивысшей точке подъема снаряда в субмаксимальной (слева) и максимальной (справа) попытке и траектории ЦМ штанги в рывке. Пример

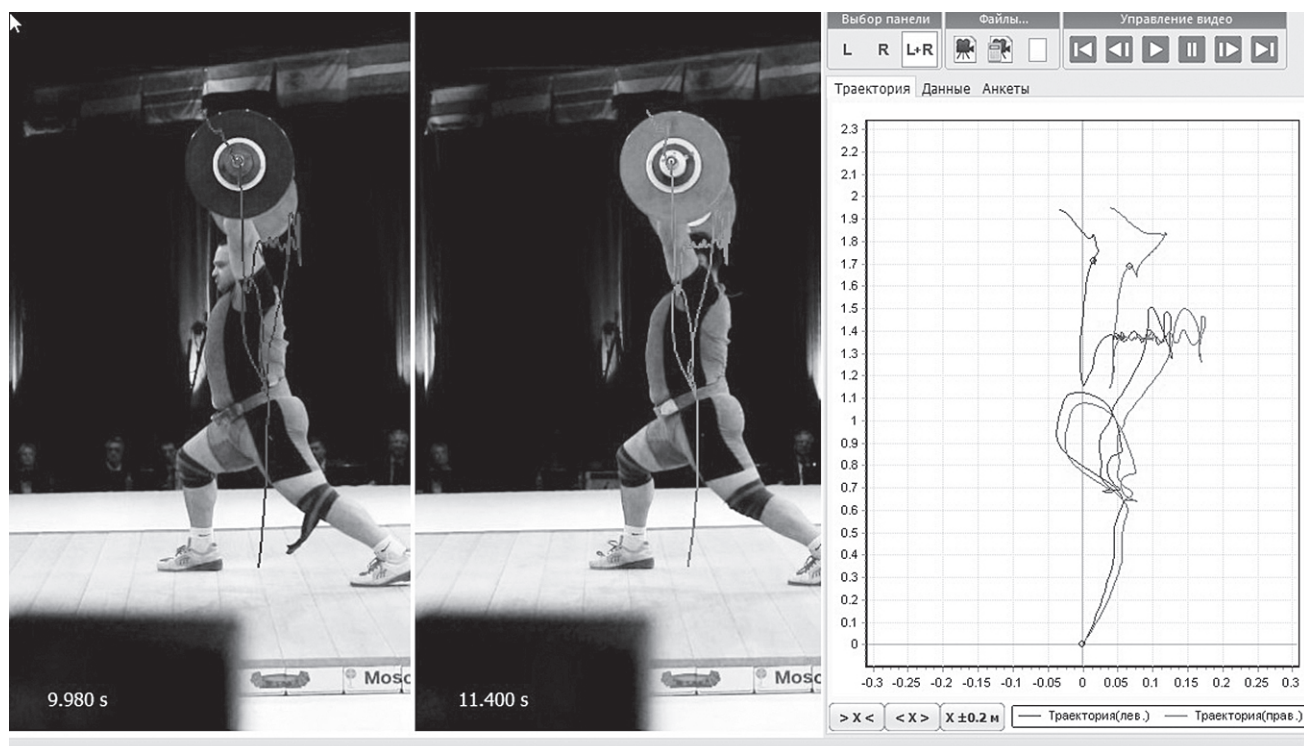


Рис. 3. Положение атлета и штанги в конце выталкивания от груди в субмаксимальной (слева) и максимальной (справа) попытке и траектории ЦМ штанги в толчке. Пример

Таблица 2

Показатели траектории штанги при подъеме субмаксимальных и максимальных весов в рывке и толчке

№ п/п	Название показателя	Рывок			Толчок		
		субмаксимальный	максимальный	W	субмаксимальный	максимальный	W
1	Результат (кг)	175,4 ±8,5	182,8 ±7,2	<0,01	212,6 ±8,9	223,5 ±9,3	<0,01
2	Высота штанги в конце фазы предварительного разгона – Н1 (м)	0,450 ±0,033	0,468 ±0,024	<0,05	0,456 ±0,021	0,468 ±0,027	нет
3	Высота штанги в начале фазы финального разгона – Н2 (м)	0,680 ±0,032	0,676 ±0,030	нет	0,632 ±0,033	0,622 ±0,025	нет
4	Высота штанги в момент максимума вертикальной скорости – НVmax (м)	0,941 ±0,032	0,925 ±0,020	<0,05	0,813 ±0,044	0,786 ±0,035	<0,05
5	Максимум высоты подъема штанги – Нmax (м)	1,275 ±0,063	1,246 ±0,055	<0,01	1,000 ±0,067	0,968 ±0,067	<0,01
6	Высота штанги в момент фиксации – Нfix (м)	1,079 ±0,044	1,041 ±0,044	<0,01	0,592 ±0,053	0,563 ±0,056	<0,05
7	Максимальное отклонение от вертикали в фазе предварительного разгона – Y1 (м)	0,061 ±0,022	0,062 ±0,017	нет	0,037 ±0,036	0,047 ±0,040	<0,05
8	Максимальное отклонение от вертикали в фазе финального разгона – Y2 (м)	-0,050 ±0,040	-0,033 ±0,043	нет	-0,043 ±0,028	-0,026 ±0,033	<0,05
9	Отклонение от вертикали при максимуме высоты подъема – Y3 (м)	-0,001 ±0,052	-0,008 ±0,033	нет	-0,016 ±0,039	-0,002 ±0,036	<0,01
10	Отклонение от вертикали в момент фиксации – Y4 (м)	0,069 ±0,064	0,056 ±0,041	нет	0,042 ±0,050	0,067 ±0,043	<0,05
11	Глубина подседания при выталкивании от груди – Нrod (м)	–	–	–	0,206 ±0,014	0,209 ±0,011	нет
12	Высота выталкивания от груди Нvit – (м)	–	–	–	1,692 ±0,040	1,670 ±0,046	<0,05

развиваемой атлетами при подъеме снаряда. На рис. 1 показан пример результатов обработки данных в рывке.

Статистическая значимость различий между сравниваемыми показателями оценивалась по критерию Вилкоксона (W) для связанных выборок.

Результаты исследования. Сравнительный анализ показателей траектории штанги в рывке при подъеме субмаксимальных и максимальных весов выявил наличие статистически значимых различий в высоте штанги в конце фазы предварительного разгона, в момент максимума вертикальной скорости штанги в фазе финального разгона, а также в момент максимума высоты подъема и фиксации в подседе (табл. 2). Кроме первого показателя высота штанги при подъеме максимального веса меньше, чем

субмаксимального, что согласуется с данными других авторов [8, 9, 10]. Например, максимальная высота подъема штанги предельного веса составила в среднем $1,246 \pm 0,055$ м, а субмаксимального – $1,275 \pm 0,063$ м ($p < 0,01$). В показателях горизонтального перемещения снаряда статистически значимых различий не обнаружено. На рис. 2 показан пример сравниваемых попыток одного из атлетов.

В толчке статистически значимые различия в высоте подъема штанги обнаружены только в фазе финального разгона и в момент максимума высоты и фиксации снаряда. Как и в рывке, показатели высоты штанги были меньше при подъеме предельного веса. Кроме того, высота штанги при выталкивании с груди так же меньше при подъеме максимального веса ($1,670 \pm 0,046$ м) по сравнению с субмаксимальным ($1,692 \pm 0,040$

Таблица 3

Показатели вертикальной и горизонтальной составляющих скорости штанги при подъеме субмаксимальных и максимальных весов в рывке и толчке

№ п/п	Название показателя	Рывок			Толчок		
		субмаксимальный	максимальный	W	субмаксимальный	максимальный	W
1	Максимум вертикальной скорости в предварительном разгоне – V_{v1} (м/с)	1,65 $\pm 0,11$	1,61 $\pm 0,13$	<0,01	1,43 $\pm 0,15$	1,36 $\pm 0,13$	<0,05
2	Уменьшение вертикальной скорости в фазе амортизации – ΔV_v (м/с)	0,18 $\pm 0,13$	0,19 $\pm 0,16$	нет	0,31 $\pm 0,16$	0,34 $\pm 0,13$	нет
3	Максимум вертикальной скорости в фазе финального разгона – V_{v2} (м/с)	2,20 $\pm 0,13$	2,11 $\pm 0,11$	<0,01	1,74 $\pm 0,11$	1,68 $\pm 0,16$	нет
4	Время от момента отрыва штанги от помоста до V_{v1} – TV_1 (с)	0,545 $\pm 0,069$	0,543 $\pm 0,045$	нет	0,572 $\pm 0,054$	0,606 $\pm 0,082$	нет
5	Время от момента отрыва штанги от помоста до V_{v2} – TV_{v2} (с)	0,790 $\pm 0,057$	0,793 $\pm 0,056$	нет	0,815 $\pm 0,067$	0,838 $\pm 0,090$	нет
6	Максимум горизонтальной скорости в предварительном разгоне – $V_{г1}$ (м/с)	0,45 $\pm 0,12$	0,44 $\pm 0,11$	нет	0,29 $\pm 0,08$	0,28 $\pm 0,08$	нет
7	Максимум горизонтальной скорости в финальном разгоне – $V_{г2}$ (м/с)	-1,05 $\pm 0,18$	-1,02 $\pm 0,19$	нет	-0,84 $\pm 0,16$	-0,76 $\pm 0,18$	нет
8	Время подседания при выталкивании от груди T_3 – (с)	–	–	–	0,510 $\pm 0,045$	0,550 $\pm 0,073$	нет
9	Максимум вертикальной скорости подседания при выталкивании от груди – V_{v3} (м/с)	–	–	–	-1,18 $\pm 0,15$	-1,17 $\pm 0,15$	нет
10	Время выталкивания от груди T_4 – (с)	–	–	–	0,500 $\pm 0,045$	0,508 $\pm 0,039$	нет
11	Максимум вертикальной скорости выталкивания от груди – V_{v4} (м/с)	–	–	–	2,07 $\pm 0,14$	2,02 $\pm 0,15$	нет

м, $p < 0.05$). В отличие от рывка показатели горизонтального перемещения ЦМ штанги при подъеме на грудь статистически значимо отличались в сравниваемых попытках. Большие положительные значения горизонтального перемещения штанги в фазе предварительного разгона и в момент фиксации и меньшие отрицательные значения этого показателя в фазе финального разгона и максимума высоты подъема в попытках с максимальным весом свидетельствуют о том, что при подъеме предельного веса S-образная траектория снаряда больше смещена в сторону тела атлета относительно вертикали, проведенной через ЦМ штанги в момент отрыва от помоста. Такое положение траектории, по мнению некоторых исследователей, характерно для спортсменов высокого класса [5, 9]. Более наглядно это видно на рис. 3.

В табл. 3 представлены показатели вертикальной и горизонтальной составляющих скорости штанги при подъеме субмаксимальных и максимальных весов в рывке и толчке. Видно, что в рывке при подъеме предельных весов уменьшается вертикальная составляющая скорости штанги в предварительном и финальном разгоне, что согласуется с данными других авторов [2, 8, 9]. Остальные показатели, в том числе и временные, не имеют статистически значимых различий. В толчке при подъеме штанги на грудь только максимум вертикальной скорости снаряда в начальной фазе движения меньше при подъеме максимальных весов. Остальные показатели статистически значимо не отличаются в сравниваемых попытках. При выталкивании штанги от груди также не было обнаружено никаких различий.

Таблица 4

Показатели вертикальной и горизонтальной составляющих силы, приложенной к штанге, и слагаемые мощности при подъеме субмаксимальных и максимальных весов в рывке и толчке

№ п/п	Название показателя	Рывок			Толчок		
		субмаксимальный	максимальный	W	субмаксимальный	максимальный	W
1	Максимум вертикальной силы в фазе предварительного разгона – Fz (Н)	2680 ±428,7	2608 ±167,2	нет	2991 ±312,2	3105 ±375,4	нет
2	Максимум горизонтальной силы в фазе предварительного разгона – Fy (Н)	1157 ±385,9	1251 ±362,0	нет	1083 ±330,3	953 ±425,6	нет
3	Максимум вертикальной силы в фазе финального разгона – Fz (Н)	3098 ±320,8	3144 ±421,5	нет	3723 ±489,7	4234 ±383,1	<0,01
4	Максимум горизонтальной силы в фазе финального разгона – Fy (Н)	-3366 ±640,0	-3444 ±594,1	нет	-3114 ±576,8	-2930 ±790,5	нет
5	Максимум вертикальной мощности в фазе предварительного разгона – Pz1 (Вт)	3582 ±529,5	3458 ±455,1	нет	3590 ±589,2	3647 ±484,6	нет
6	Максимум горизонтальной мощности в фазе предварительного разгона – Py2 (Вт)	452 ±250,3	463 ±224,6	нет	259 ±116,8	231 ±131,9	нет
7	Максимум вертикальной мощности в фазе финального разгона – Pz3 (Вт)	6134 ±787,5	5957 ±829,3	нет	5845 ±789,4	6065 ±1018,3	нет
8	Максимум горизонтальной мощности в фазе финального разгона – Py4 (Вт)	2504 ±824,1	2497 ±969,5	нет	1908 ±627,7	1593 ±729,1	нет
9	Максимум вертикальной силы при выталкивании от груди – Fz (Н)	–	–	–	4930 ±523,8	4988 ±633,1	нет
10	Максимум вертикальной мощности во время подседания при выталкивании от груди – Pz5 (Вт)	–	–	–	-3393 ±672,3	-3483 ±711,7	нет
11	Максимум вертикальной мощности при выталкивании от груди – Pz6 (Вт)	–	–	–	8361 ±1311,5	8433 ±1497,9	нет

Анализ показателей силы и мощности в рывке и толчке не выявил статистически значимых различий при подъеме субмаксимальных и максимальных весов (табл. 4), что свидетельствует о сходной динамической структуре упражнений, выполняемых с максимальным и 95–96% весом. Не обнаружено изменений в показателях максимальной вертикальной и горизонтальной выходной мощности в фазах предварительного и финального разгона штанги в рывке, подъеме на грудь и выталкивании от груди. Лишь максимум вертикальной составляющей силы, действующей на снаряд в фазе финального разгона, был больше при подъеме максимальных весов, что вполне объяснимо. Наибольшие величины мощности спортсмены развивают в вертикальном направлении при выталкивании штанги от груди. Эта мощность более чем в два раза превышает соответствующую мощность в

финальной фазе рывка и при подъеме штанги на грудь. Так, например, при подъеме максимального веса вертикальная мощность при выталкивании от груди равна $8433 \pm 1497,9$ Вт, а при подъеме на грудь $3647 \pm 484,6$ Вт. Следует отметить, что и в горизонтальном направлении спортсмены развивают примерно такие же максимальные силы, разгоняя штангу в финальной части упражнений. Например, в рывке при подъеме максимального веса максимум горизонтальной силы равен $3444 \pm 594,1$ Н, а вертикальной $3144 \pm 421,5$ Н.

В результате проведенного исследования можно сделать следующие основные **выводы**:

1. Увеличение веса штанги в рывке и толчке в зоне интенсивности нагрузок 91–100% приводит к уменьшению высоты подъема и вертикальной составляющей скорости снаряда, особенно в фазе финального разгона. В отличие от

рывка в толчке статистически значимо изменяются показатели горизонтального отклонения положения штанги при подъеме на грудь. При этом S-образная траектория снаряда смещается в сторону тела атлета относительно вертикали, проведенной через ЦМ штанги в момент ее отрыва от помоста.

2. Временная и динамическая структура упражнений при подъеме субмаксимальных и максимальных весов практически одинакова. В частности, не обнаружено изменений в показателях максимальной вертикальной и горизонтальной выходной мощности в фазах предварительного и финального разгона штанги в рывке, подъеме на грудь и выталкивании от груди. Лишь максимум вертикальной составляющей силы в финальном разгоне при подъеме штанги на грудь в толчке статистически значимо увеличивается с увеличением веса снаряда.

Литература

1. Медведев А. С. Система многолетней тренировки в тяжелой атлетике / А. С. Медведев. – М. : Физкультура и Спорт, 1986. – 145 с.
2. Шалманов А. А. Кинематика и динамика движения штанги у спортсменов высокой квалификации в условиях соревнований / А. А. Шалманов, В. Ф. Скотников, А. В. Панин // Журнал «Олимп». – 2012. – № 2–3. – С. 27–31.
3. Шалманов А. А. Сравнительный анализ удачных и неудачных попыток в рывке у тяжелоатлетов высокой

квалификации / А. А. Шалманов, В. Ф. Скотников, А. В. Панин // Теория и практика прикладных и экстремальных видов спорта. – 2013. – №3 (28). – С. 63–65.

4. Шалманов А. А. Методика регистрации поступательного и вращательного движения штанги // Теория и практика прикладных и экстремальных видов спорта / А. А. Шалманов, В. Ф. Скотников, А. П. Баюрин. – 2014. – №4. – С. 30–34.

5. Bartonietz K. E. Biomechanics of the snatch: Toward a higher training efficiency / K. E. Bartonietz // National Strength & Conditioning Association Journal. – 1996. – № 18. – PP. 24–31.

6. Campos J. Kinematical analysis of the snatch in elite junior weightlifters of different weight categories / J. Campos, P. Poletaev, A. Cuesta, C. Pablos, V. Carratala // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2006. – № 20 – PP. 843–850.

7. Garhammer J., Whiting W.C. Comparison of three data smoothing techniques for determining weightlifting kinematics / J. Garhammer, W.C. Whiting // Scandinavian Journal of Sports Sciences. – 1989. – № 11. – PP. 97–104.

8. Garhammer J. Barbell trajectory, velocity and power changes: Six attempt and four world records / J. Garhammer // Weightlifting. – 2001. – № 19. – PP. 27–30.

9. Gourgoulis V. Three-dimensional kinematic analysis of the snatch of elite Greek weightlifters / V. Gourgoulis, N. Aggelousis, G. Mavromatis, A. Garas // Journal of Sports Science. – 2000. – 18. – PP. 643–652.

10. Hadi G. Three-dimensional kinematic analysis of snatch technique for lifting different barbell weights / G. Hadi, H. Akku, E. Harbili // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2012– № 26 – PP. 1568–1576.

