

**Ю. В. Воронович**

*старший преподаватель кафедры прикладной физической  
и тактико-специальной подготовки  
Могилевского института МВД*

**А. Е. Покатилов**

*старший преподаватель  
кафедры прикладной механики и инженерной графики  
Белорусского государственного университета  
пищевых и химических технологий (Могилев)*

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ  
БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНИКИ РЫВКА  
В ТЯЖЕЛОЙ АТЛЕТИКЕ С МЕНЯЮЩИМСЯ ВЕСОМ  
СПОРТИВНОГО СНАРЯДА**

**BIOMECHANICAL ANALYSIS OF WEIGHTLIFTING  
SNATCH TECHNIQUE WITH VARIABLE WEIGHT  
OF SPORTS EQUIPMENT**

***Аннотация.** В работе изложены результаты сравнительного количественного биомеханического анализа техники рывка в тяжелой атлетике. Для автоматизированного получения интересующих показателей движения использованы авторские компьютерные программы «Анализ» и «Промер». В результате проведенного исследования выявлены прямые и обратные зависимости. Установлено, что наибольшую нагрузку во время выполнения несут дистальные звенья нижних конечностей. Выявлено, что мышечные усилия при подъеме из приседа в стойку значительно меньше, чем в глубоком приседе.*

***Ключевые слова:** биомеханический анализ, спортивная техника, кинематические и динамические характеристики, видеосъемка, пространственное движение, двигательная деятельность, рывок штанги, тяжелая атлетика.*

***Annotation.** The article presents the results of a biomechanical analysis of the snatch technique in weightlifting. For the analysis, the author's computer programs «Analysis» and «Promer» were used. As a result of the research, direct and inverse relationships were revealed. It was found that the greatest load during execution is borne by the distal links of the lower limbs. It was also revealed that muscle efforts when lifting from a squat to a standing position are significantly less than in a deep squat.*

***Keywords:** biomechanical analysis, sports technique, kinematic and dynamic characteristics of motions, video analysis, spatial movement, physical activity, snatch, weightlifting.*

Общеизвестно, что уровень современной науки определяется развитием ее методов. Традиционно в биомеханике физических упражнений выделяют два вида биомеханического анализа: качественный и количественный [1; 2]. Несомненно, наиболее мощным является количественный биомеханический анализ, однако до недавнего времени получение интересующих биомеханических характеристик движения спортсмена сдерживалось наличием обилия расчетов, которые необходимо провести для анализа одной соревновательной попытки [3; 4]. Развитие современной электроники и компьютерной техники дает возможность ускорить в сотни раз процесс получения числовых значений необходимых кинематических и динамических характеристик движения [5; 6].

Цель работы — провести сравнительный количественный биомеханический анализ техники рывка в тяжелой атлетике с меняющимся весом спортивного снаряда.

С целью получения данных нами была проведена билатеральная видеосъемка техники рывка в тяжелой атлетике в исполнении мастера спорта Г-на. К видеосъемке предъявляются традиционные требования в биомеханических исследованиях — камера должна быть неподвижна, а оптическая ось объектива должна быть перпендикулярна плоскости движения. Варьирование веса включало 3 значения: 70 кг (50 % от повторного максимума), 100 кг (75 % от повторного максимума) и 140 кг (97,5 % от повторного максимума соответственно).

В дальнейшем полученный видеоматериал был загружен в компьютерные программы «Промер» и «Анализ», суть функционирования которых изложена в работах [7–8].

Проведенный биомеханический анализ показал, что во всех трех попытках подъема спортивного снаряда закономерно отмечается прямая зависимость длительности выполнения упражнения от веса поднимаемой штанги. Длительность соревновательной попытки с весом штанги 70 кг составила 2,193 с, с весом штанги 100 кг — 2,881 с и с максимальным весом штанги 140 кг — 3,569 с соответственно.

Анализ динамического показателя силы реакции опоры (рисунок 1) показывает, что в момент снятия с опоры (рисунок 1 *A*, кадр 18; рисунок 1 *B*, кадр 27; рисунок 1 *C*, кадр 29) горизонтальная составляющая силы реакции опоры достигает максимальных отрицательных значений. Таким образом, в данном случае наблюдается обратная зависимость между весом штанги и величиной горизонтальной составляющей силы реакции опоры, с ростом веса поднимаемой штанги происходит уменьшение численного значения силы реакции опоры [9].

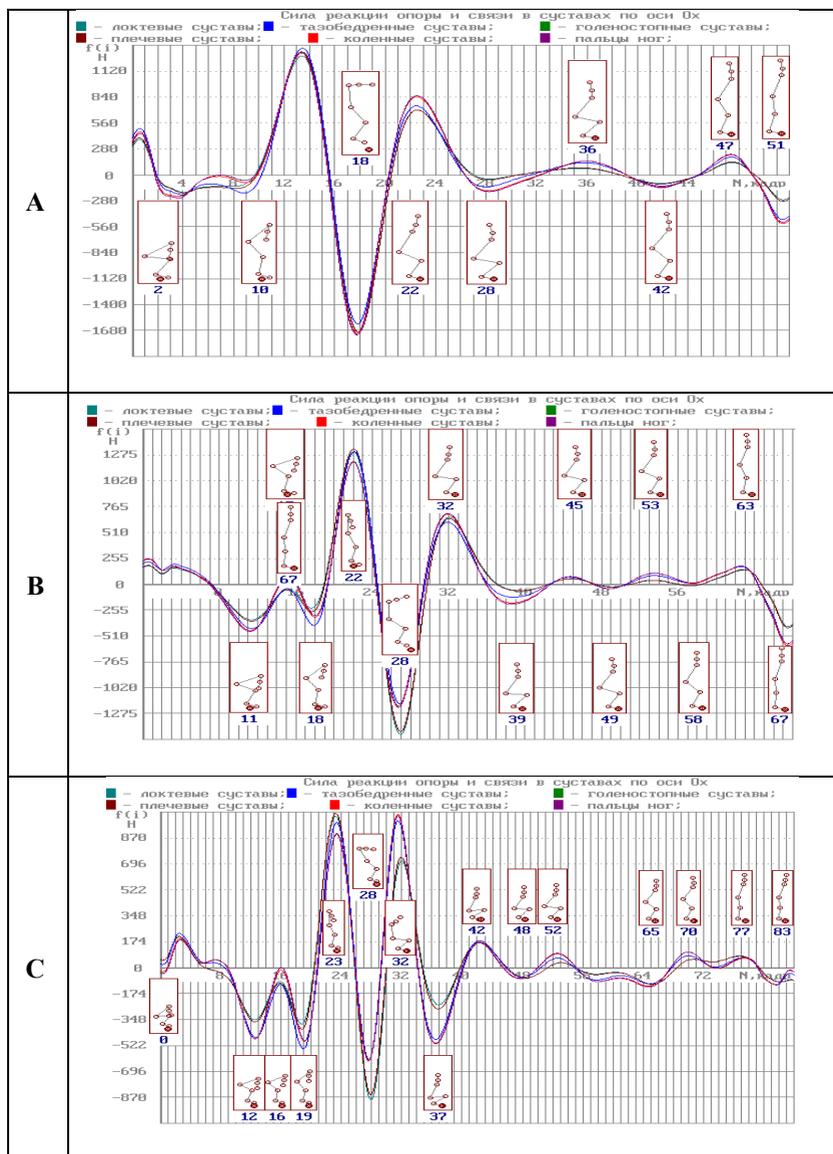


Рисунок 1 — Сила реакции опоры и связи в суставах тяжелоатлета по оси абсцисс при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»

Анализ расстояния от плечевых суставов до опорной вертикали показывает, что с возрастанием веса поднимаемой штанги происходит удаление плечевых суставов от вертикального положения. На рисунке 2 графически изображены координаты маркерных точек (суставы спортсмена) по оси абсцисс с меняющимся весом штанги.

Таким образом, в виде закономерности отмечается прямая зависимость расстояния от плечевых суставов до опорной вертикали от веса штанги: чем больше вес штанги, тем больше плечи атлета отклонены от опорной вертикали в момент снятия с опоры [10; 11].

Анализ положения «присед – руки вверх» от момента контакта спортсмена с опорой характеризуется тем, что на всей траектории подседа в упражнении с малым и средним весом режим работы мышечной системы опорно-двигательного аппарата нижних конечностей обусловлен динамической нагрузкой в уступающем режиме работы мышц. Известно, что уступающий режим работы мышц наиболее благоприятен для развития максимальных мышечных усилий [12–15]. Биомеханика приседания в этой фазе упражнения характеризуется постепенным уменьшением скорости приседания ОЦМ системы «спортсмен – штанга» в вертикальном направлении к моменту приближения к глубокому приседу. Так как уменьшение скорости связано с увеличением линейного ускорения и определяется им, то для уменьшения вертикальной составляющей линейной скорости ОЦМ системы требуются все возрастающие мышечные усилия спортсмена. Максимальная мышечная нагрузка на опорно-двигательный аппарат нижних конечностей достигает 1070 Нм в коленных суставах (рисунок 3, кадр 22) и 515 Нм в тазобедренных суставах.

Пик этой нагрузки по временной шкале приседа отмечается раньше, чем атлет достигает максимальной глубины приседа. Это очень важная особенность работы опорно-двигательного аппарата тяжелоатлета, которая ранее не отмечалась в специальной литературе. Максимальные мышечные усилия тяжелоатлет должен развивать в момент уменьшения скорости перемещения ОЦМ системы «спортсмен – штанга» до нуля (максимум глубины приседа — таблица 1 А, кадр 32), когда вертикальная составляющая ускорения ОЦМ максимальна (таблица 1), однако в этом положении момент силы тяги мышц в коленных суставах равен 530 Нм, что более чем в два раза меньше, чем в проходящем положении максимальной мышечной нагрузки (таблица 1 А, кадр 22).

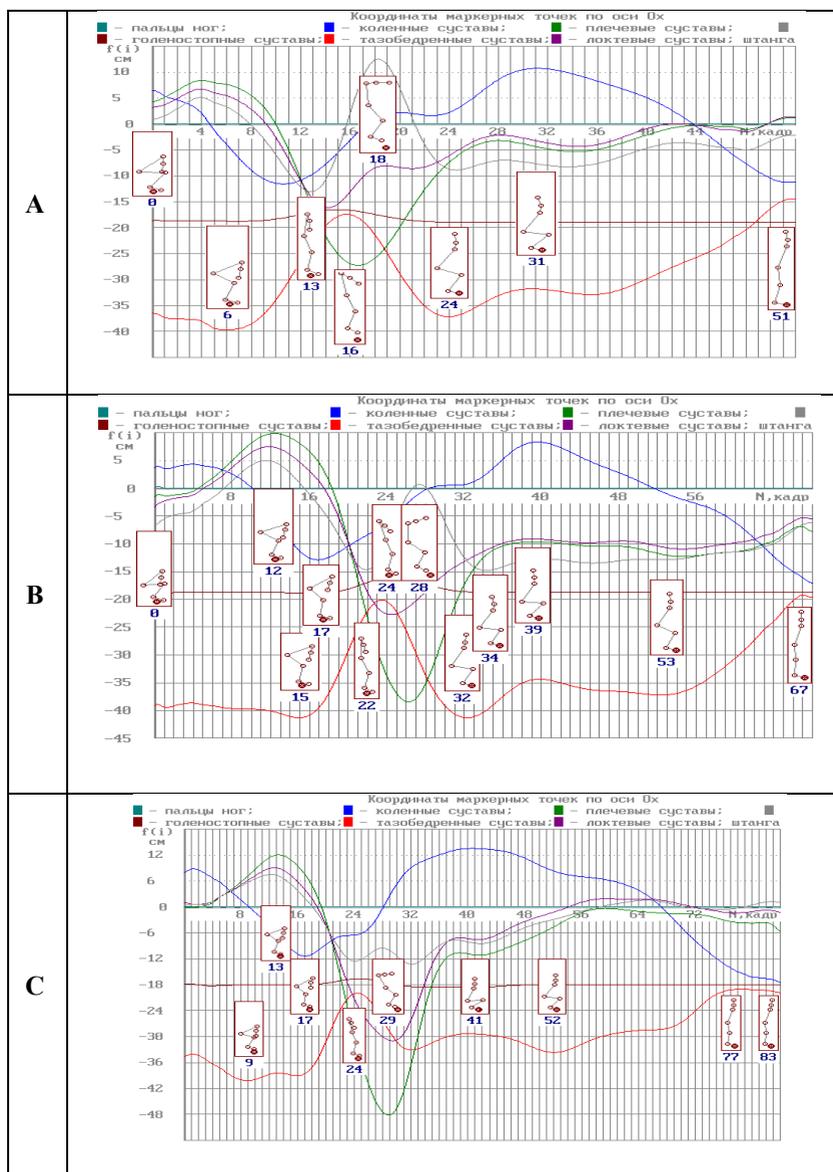


Рисунок 2 — Координаты маркерных точек по оси абсцисс при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»

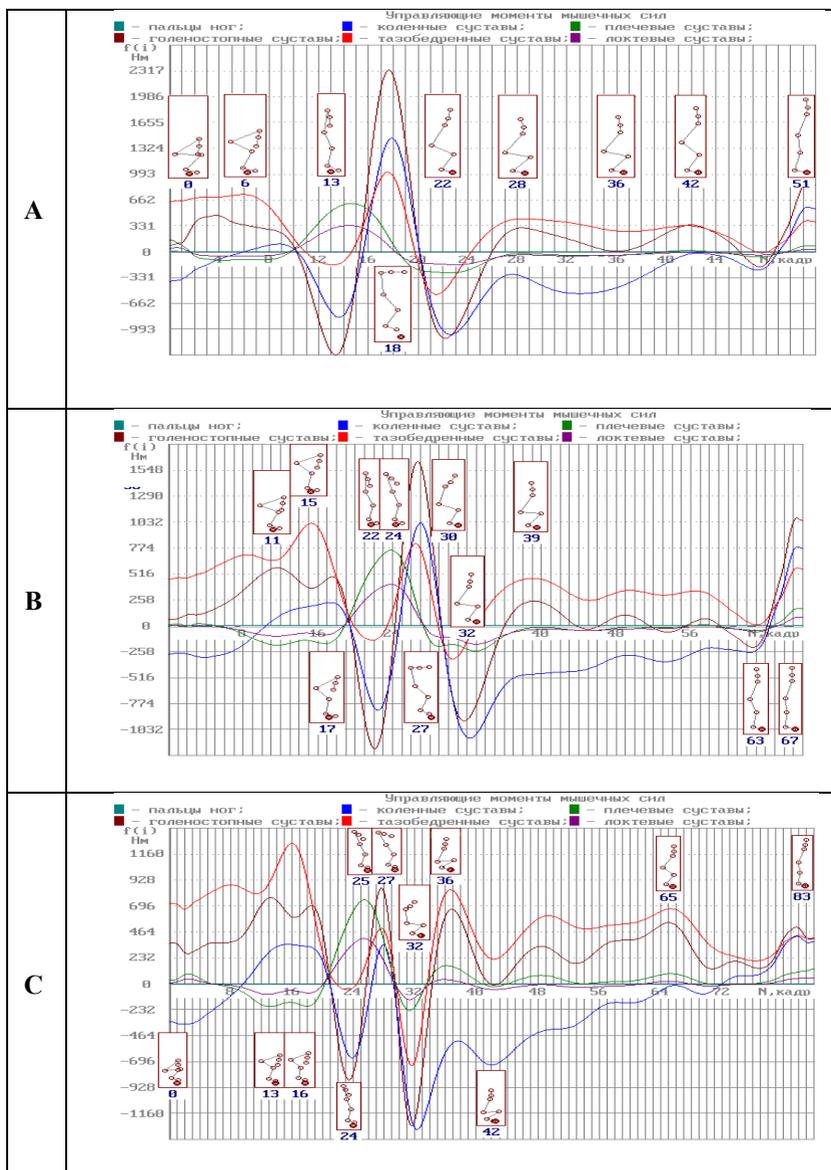


Рисунок 3 — Управляющие моменты мышечных сил в суставах атлета при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»

Таблица 1 — Биомеханические характеристики подседа под штангу при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»

	Max Mк Коленные суставы		Max Ry (н)		Ry=0		Ry=0		Max H		Max Mк Коленные суставы		Min H	
	Реакция опоры	Реакция опоры	Реакция опоры	Реакция опоры	Реакция опоры	Высота штанги	Высота штанги	Коленные суставы	Высота штанги	Коленные суставы	Высота штанги	Высота штанги	Высота штанги	
<b>А</b>	H (см)	115	122	144	160			156		160		130		
	Ry (н)	1650	2700	0	0	0	0	1100	0	0	0	2390	0	
	Mк (нм)	-800	330	1450	-660	-660	-660	-1070	-660	-660	-660	-530	-660	
	Mт (нм)	-145	485	1020	-500	-500	-500	-515	-500	-500	-500	350	-515	
	α (град)	152	142	123	100	100	100	94	100	100	100	54	94	
	β (град)	166	169	154	109	109	109	96	109	109	109	70	96	
<b>В</b>	H (см)	112	118	141	152			144		152		133		
	Ry (н)	180	3000	0	0	0	0	2250	0	0	0	2500	0	
	Mк (нм)	-840	-390	1000	-520	-520	-520	-1110	-520	-520	-520	-560	-520	
	Mт (нм)	-130	190	800	-270	-270	-270	-130	-270	-270	-270	590	-130	
	α (град)	150	147	118	87	87	87	80	87	87	87	60	80	
	β (град)	166	172	149	100	100	100	77	100	100	100	71	77	
<b>С</b>	H (см)	115	118	132	135			135		137		123		
	Ry (н)	2200	2920	0	0	0	0	0	-150	-150	-150	3400	0	
	Mк (нм)	-680	-480	115	-1280	-1280	-1280	-1280	1000	1000	1000	-515	-1280	
	Mт (нм)	-45	232	230	-700	-700	-700	-700	-620	-620	-620	800	-700	
	α (град)	150	148	104	63	63	63	63	77	77	77	38	63	
	β (град)	171	173	150	104	104	104	104	121	121	121	64	104	

В рывке штанги с весом 140 кг сгибанию в коленных суставах противодействуют управляющие моменты мышечных сил величиной до 1300 Нм, реализуемые в динамическом режиме работы мышц. Такие максимальные параметры силы тяги мышц отмечаются раньше, чем достигается максимальная глубина приседа. Следовательно, здесь картина изменения мышечных усилий в опорно-двигательном аппарате нижних конечностей аналогична той, которая отмечается при выполнении упражнений с весом 70 кг и 140 кг.

Необходимо отметить, что мышечные усилия при подъеме из приседа в стойку значительно меньше, чем в глубоком приседе, и существенно меньше (примерно в 2 раза), чем максимальные мышечные усилия, противодействующие перемещению штанги и тела спортсмена вниз, непосредственно при выполнении приседа [16–17]. То есть максимальная нагрузка на мышечную систему нижних конечностей возникает в момент выполнения приседа, а не в момент непосредственного выполнения подъема из глубокого приседа.

#### **Список основных источников**

1. Покатилов, А. Е. Проблемы исследования пространственного движения в спорте / А. Е. Покатилов, Ю. В. Воронович, Т. Д. Симанкова // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Малаховка, 29–30 окт. 2020 г. / Москов. гос. акад. физ. культуры ; ред.-сост.: А. Н. Фураев. — Малаховка, 2020. — С. 89–94.
2. Воронович, Ю. В. Биомеханика тяжелоатлетических упражнений : монография / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук, В. И. Загrevский ; М-во внутр. дел Респ. Беларусь, учреждение образования «Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь». — Могилев : Могилев. ин-т МВД, 2014. — 196 с.
3. Балюк, Д. С. Биомеханические особенности изменения угловой скорости звеньев тела в зависимости от веса поднимаемой штанги при выполнении упражнения «рывок» в тяжелой атлетике / Д. С. Балюк // Курсантские исследования : сб. науч. работ / Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь. — Могилев, 2019. — Вып. 6. — С.101–103.
4. Воронович, Ю. В. Сравнительный биомеханический анализ основных динамических характеристик техники рывка в тяжелой атлетике / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук, В. И. Загrevский // Мир спорта. — 2013. — № 1 (50). — С. 35–40.
5. Лось, А. С. Биомеханические особенности изменения угловой скорости звеньев тела в зависимости от веса поднимаемой штанги при выполнении упражнения «рывок» в тяжелой атлетике / А. С. Лось // Курсантские исследования :

сб. науч. работ / Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь. — Могилев, 2015. — Вып. 2. — С. 143–146.

6. Покатилов, А. Е. Биомеханический аспект подготовки курсантов в области профессионально-прикладной физической подготовки [Электронный ресурс] / А. Е. Покатилов, Ю. В. Воронович, А. П. Скачинский // Актуальные проблемы огневой, тактико-специальной и профессионально-прикладной физической подготовки : сб. ст. / М-во внутр. дел Респ. Беларусь ; Могилев. ин-т М-ва внутр. дел Респ. Беларусь ; редкол.: В. В. Борисенко (отв. ред.) [и др.]. — Могилев : Могилев. ин-т МВД, 2020. — 1 электрон. опт. диск (CD-R).

7. Воронович, Ю. В. Компьютерная программа построения биомеханических характеристик техники тяжелоатлетических упражнений / Ю. В. Воронович // Актуальные вопросы права, образования и психологии : сб. науч. тр. / Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь. — Могилев, 2019. — Вып. 7. — С. 94–98.

8. К вопросу оценки скоростно-силовых качеств мышечной системы спортсмена / А. Е. Покатилов [и др.] // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы VII Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием, Малаховка, 21–22 нояб. 2019 г. / Москов. гос. акад. физ. культуры ; ред.-сост.: А. Н. Фураев. — Малаховка, 2019. — С. 144–151.

9. Воронович, Ю. В. Сравнительный анализ показателей силы реакции опоры и связи в суставах спортсмена при выполнении тяжелоатлетического упражнения «рывок» / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук, В. И. Загrevский // Актуальные вопросы права, образования и психологии : сб. науч. тр. / Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь. — Могилев, 2016. — Вып. 7. — С. 258–265.

10. Воронович, Ю. В. Сравнительный биомеханический анализ пространственных показателей движения штанги в рывке у спортсменов высокой и средней спортивной квалификации / Ю. В. Воронович // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. — 2018. — № 5 (159). — С. 44–46.

11. Воронович, Ю. В. Сравнительный биомеханический анализ основных динамических характеристик техники рывка в тяжелой атлетике / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук, В. И. Загrevский // Мир спорта. — 2013. — № 1 (50). — С. 35–40.

12. Пушилин, С. А. Биомеханический анализ бокового удара рукой / С. А. Пушилин // Курсантские исследования : сб. науч. работ / Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь. — Могилев, 2017. — Вып. 4. — С. 120–122.

13. Загrevский, В. И. Кинематика пространственной модели неразветвленной биомеханической системы в условиях упругой фиксированной опоры / В. И. Загrevский, Д. А. Лавшук, Ю. В. Воронович // Современное образование и воспитание: тенденции, технологии, методики : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию МГУ им. А. А. Кулешова, Могилев, 28 марта 2013 г. — Могилев : МГУ им. А. А. Кулешова, 2013. — С. 330–333.

14. Лавшук, Д. А. Поиск рациональной техники соревновательных упражнений в вычислительном эксперименте на ЭВМ / Д. А. Лавшук, Ю. В. Воронович // Актуальные проблемы физического воспитания, спорта и туризма : материалы Международ. науч.-практ. конф., Мозырь, 11–13 окт. 2012 г. / редкол.: С. М. Блоцкий (отв. ред.) [и др]. — УО МГПУ им. И. П. Шамякина. — Мозырь, 2012. — С. 220–222.

15. Загrevский, В. И. Пространственная характеристика граничных положений в фазовой структуре соревновательного упражнения «рывок» в тяжелой атлетике / В. И. Загrevский, Д. А. Лавшук, Ю. В. Воронович // Среднее профессиональное и высшее образование в сфере физической культуры и спорта: современное состояние и перспективы развития : материалы Всерос. науч.-практ. конф., 30 марта 2016 г. / под ред. М. В. Чабова. — Челябинск : Уральская Академия, 2016. — С. 237–243.

16. Воронович, Ю. В. Биомеханический анализ периода «Подсед» в тяжелоатлетическом упражнении «Рывок» в зависимости от массы спортивного снаряжения / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. — 2017. — № 12 (154). — С. 59–63.

17. Воронович, Ю. В. Энергетические характеристики рывка в тяжелой атлетике / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук // Восток-Беларусь-Запад. Физическая культура, спорт, здоровый образ жизни в 21 веке : сб. науч. ст. 17 Междунар. симпозиума, Могилев, 11–13 дек. 2014 г. / МГУ имени А. А. Кулешова. — Могилев, 2015. — С. 203–207.