

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 Могилевского государственного
университета продовольствия*

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ УПРУГИХ СВОЙСТВ СНАРЯДА НА СПОРТИВНОЕ УПРАЖНЕНИЕ

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE IMPACT OF THE ELASTIC PROPERTIES OF A SPORTS EQUIPMENT ON A SPORT EXERCISE

Аннотация. Целью исследования является разработка методики оценки влияния упругой деформации снаряда на спортивное упражнение на основе теоретического и экспериментального изучения большого оборота назад в спортивной гимнастике и рывка штанги в тяжелой атлетике. Показано, что оценка влияния динамической деформации для неподвижной опоры в виде грифа перекладины значительно отличается от такой же оценки для снаряда в виде грифа штанги. Для перекладины достаточно разработать модель колебания грифа, а для штанги ее движение надо рассматривать как сложное, состоящее из подъема-опускания штанги и непосредственно колебания грифа штанги. Проведенный вычислительный эксперимент позволил оценить адекватность разработанной методики.

Ключевые слова: биомеханическая система, брусья, гриф, перекладина, штанга, колебания, математическая модель, упругость.

Annotation. The aim of the research is to develop a method for evaluating the impact of elastic deformation of the projectile on a sports exercise based on theoretical and experimental studies of the large backward turn in gymnastics and the bar snatch in weightlifting. It is shown, that the assessment of the effect of dynamic deformation for a fixed support in the form of a crossbar neck differs significantly from the same assessment for a projectile in the form of a bar neck. For the crossbar, it is enough to develop a model of the oscillation neck, and for the bar, its movement should be considered as a complex one, consisting of lifting and lowering the bar and directly oscillating the bar neck. The conducted computational experiment allowed us to evaluate the adequacy of the developed methodology.

Keywords: biomechanical system, bars, neck, crossbar, bar, vibrations, mathematical model, elasticity.

В ряде видов спорта снаряд во время выполнения упражнения проявляет упругие свойства и тем самым оказывает значительное влияние на технику выполнения этого упражнения за счет изменения траектории движения биомеханической системы, а также ее кинематических и динамических параметров движения. Такая картина наблюдается, например, в спортивной гимнастике при выполнении упражнений на параллельных и разновысоких брусьях, на перекладине, в тяжелой атлетике при выполнении рывка и толчка и т. д. [1–5]. При этом в зависимости от вида спорта могут быть существенные отличия в целях и задачах исследования влияния спортивного снаряда: так, в спортивной гимнастике снаряд играет вспомогательную роль неподвижной упругой опоры для биомеханической системы (далее — БМС), а сутью упражнения является техника движения самого спортсмена. В тяжелой атлетике гриф штанги проявляет упругие свойства, влияя на кинематику и динамику движения БМС, но при этом и подъем штанги, т. е. ее движение, тоже является неотъемлемой частью упражнения, выполнение которого оценивается [6–9]. Это требует разработки методики исследования как влияния упругих свойств спортивного снаряда на целенаправленное движение спортсмена, так и влияния самого спортсмена на движение упругого снаряда типа штанги.

На рисунке 1 показано выполнение большого оборота назад на перекладине в исполнении мастера спорта Республики Беларусь по спортивной гимнастике Ю.К.

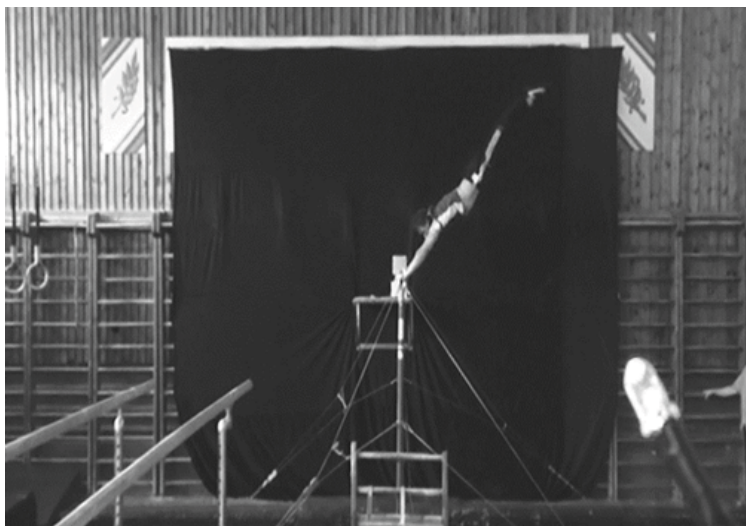


Рисунок 1 — Большой оборот назад на перекладине

Предварительный анализ показывает, что при моделировании наиболее точно отражает деформацию упругой опоры, которой является гриф перекладины, двухопорная однопролетная балка (рис. 2).

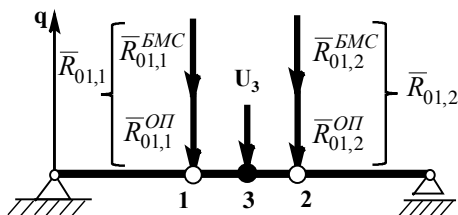


Рисунок 2 — Расчетная схема грифа перекладины

В точках 1 и 2 на рисунке 2 к грифу перекладины приложены силы от рук биомеханической системы. Отметим, что структура опорных реакций в контакте пары «рука — опора» представляет собой сумму двух сил: реакции непосредственно от действия спортсмена $\bar{R}_{01,1}^{BMC}$ и дополнительной реакции, возникающей от динамической деформации опоры в процессе выполнения спортивного упражнения $\bar{R}_{01,1}^{ОП}$.

На рисунке 2 сила инерции грифа обозначена как \bar{U}_3 , так как учитывается, что масса грифа для перекладины олимпийского образца составляет примерно 11,571 кг, что значимо по сравнению с массой сегментов и звеньев БМС, например, кисти, предплечья и т. д.

Одним из способов учета массы грифа является приведение ее, например, по рисунку 2 к точке 3 одним из известных методов механики [10]. Учитывая, что полная реакция от действия только БМС на опору равна сумме реакций в контакте рук спортсмена:

$$\bar{R}_{01}^{BMC} = \bar{R}_{01,1}^{BMC} + \bar{R}_{01,2}^{BMC}, \quad (1)$$

для грифа с модулем Юнга $E=220$ Гпа и диаметром $d=28$ мм уравнение колебаний по методу сил [11] запишем как:

$$\ddot{q}_3 + 299,114q_3 = 1298 \cdot 10^{-5} R_{01}^{BMC}. \quad (2)$$

Здесь q — общее обозначение упругой деформации грифа, принимающее конкретную форму x или y в зависимости от того, в какой плоскости исследуется деформация спортивного снаряда: в горизонтальной или в вертикальной.

На рисунке 3 а показан годограф опорной реакции от действия только БМС, рассчитанный по уравнению (2). На рисунке 3 б представлен годограф уже полной опорной реакции для системы «спортсмен — гриф», построенный по результатам натурного и вычислительного экспериментов.



a *б*
Рисунок 3 — Силовой анализ пары «рука — гриф»:

a — теоретический годограф для БМС;
б — экспериментальный годограф для полной системы «спортсмен — гриф»

Графики подобны форме траектории грифа перекладины, которая в математике получила название «улитка Паскаля» [4; 11].

Таким образом, проведя вычислительный эксперимент для всей системы «спортсмен — опора» [4] и рассчитав после этого по уравнению (2) опорную реакцию только от действия БМС, путем сопоставления реакций с учетом структуры по выражению (1) получим количественную картину влияния снаряда на силовое взаимодействие спортсмена со снарядом.

При исследовании влияния динамической деформации грифа штанги для рывка в тяжелой атлетике необходимо учесть более сложный характер движения спортивного снаряда. Рассмотрим движение штанги как сложное: переносным движением является движение штанги, появляющееся за счет усилий спортсмена. Оно может происходить как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Направление движения, подъем или опускание значения не имеют.

Относительным движением считаем колебательное движение штанги в руках спортсмена. Это означает, что движение штанги раскладывается на движение за счет биомеханической системы и на колебательное движение штанги из-за упругих свойств грифа в условиях движения с ускорением.

Расчетная схема для движения штанги в переносном движении показана на рисунке 4. Учтем, что масса грифа равна $m_{гр} = 20$ кг, но она распределена по всей длине. Для приведения массы к середине грифа штанги воспользуемся зависимостью по [10] для балки по рисунку 4:

$$m_{пр} = 0,493m_{гр} = 0,493 \cdot 20 = 9,86 \text{ кг.} \quad (3)$$

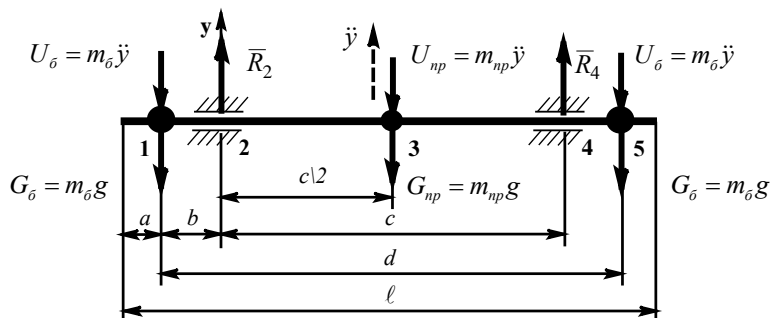


Рисунок 4 — Расчетная схема грифа штанги в переносном движении

Особенность движения штанги в переносном движении по рисунку 4 в том, что все части спортивного снаряда движутся с одинаковым ускорением \ddot{y} . На штангу действуют силы тяжести дисков штанги \overline{G}_δ , сила тяжести грифа \overline{G}_{np} , приложены силы инерции \overline{U}_δ от дисков штанги и сила инерции от массы грифа \overline{U}_{np} , а также реакции \overline{R}_2 и \overline{R}_4 . Тогда запишем

$$\sum Y = 0, \quad -2G_\delta - 2U_\delta + R_2 + R_4 - G_{np} - U_{np} = 0. \quad (4)$$

Подставляя значения сил по рисунку 4 при равенстве опорных реакций для обеих рук $R = R_2 = R_4$, получим

$$\ddot{y} + \frac{(2m_\delta + m_{np})g - 2R}{2m_\delta + m_{np}} = 0. \quad (5)$$

Именно наличие ускорения при подъеме (опускании) штанги и большие массы дисков штанги вызывают колебания грифа штанги.

На рисунке 5 показана расчетная схема штанги в относительном движении, т. е. при колебаниях грифа с дисками штанги.

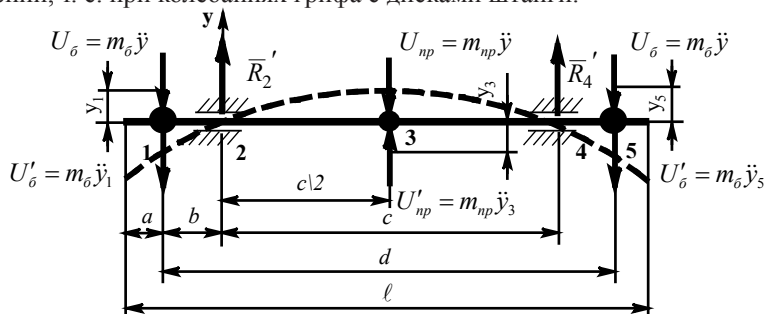


Рисунок 5 — Расчетная схема грифа штанги в относительном движении

Введем дополнительные силы инерции дисков штанги и грифа и каждое перемещение найдем наложением, используя метод сил [3; 4]:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= (U_{\bar{\sigma}} + U'_{\bar{\sigma}})\delta_{11} + (U_{np} - U'_{np})\delta_{13} + (U_{\bar{\sigma}} + U'_{\bar{\sigma}})\delta_{15}, \\ y_3 &= -(U_{\bar{\sigma}} + U'_{\bar{\sigma}})\delta_{31} + (U'_{np} - U_{np})\delta_{33} - (U_{\bar{\sigma}} + U'_{\bar{\sigma}})\delta_{35}, \\ y_5 &= (U_{\bar{\sigma}} + U'_{\bar{\sigma}})\delta_{51} + (U_{np} - U'_{np})\delta_{53} + (U_{\bar{\sigma}} + U'_{\bar{\sigma}})\delta_{55}, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где δ_{n1} , δ_{n3} , δ_{n5} — единичные перемещения.

Используя рисунок 5 и учитывая симметричность схемы, получим

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= m_{\bar{\sigma}}(\ddot{y} + \ddot{y}_1)(\delta_{11} + \delta_{15}) + m_{np}(\ddot{y} - \ddot{y}_3)\delta_{13}, \\ y_3 &= -2m_{\bar{\sigma}}(\ddot{y} + \ddot{y}_1)\delta_{31} + m_{np}(\ddot{y}_3 - \ddot{y})\delta_{33}, \\ y_5 &= y_1. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Совместное решение уравнений (5) и (7) дает количественную картину взаимодействия спортсмена и штанги на основании теоретических моделей. Полученные результаты можно проверить, сопоставив с данными натурального и вычислительного экспериментов.

На рисунке 6 показан подъем штанги весом 140 кг в рывке по каждому 5-му кадру видеосъемки [3].



Рисунок 6 — Выполнение рывка

Для автоматизированного получения числовых значений данных опорных вертикальных реакций грифа в руках нами была проведена видеосъемка с последующей обработкой полученных данных компьютерной программой, предназначенной для анализа техники гимнастических упражнений [12], модифицированной для анализа техники тяжелоатлетических упражнений [13–15].

На рисунке 7 представлен силовой анализ хвата спортсмена в вычислительном эксперименте для рывка по рисунку 6. Точки на графике изменения вертикальной реакции показаны для каждого второго кадра.

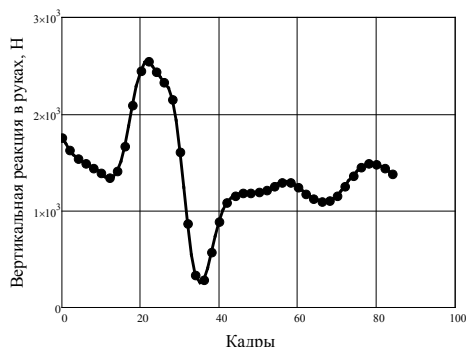


Рисунок 7 — Опорные вертикальные реакции грифа в руках

Для оценки влияния упругих свойств спортивного снаряда на кинематические и динамические показатели упражнения предлагается совместно использовать математические модели движения спортивного снаряда и результаты натурного и вычислительного экспериментов. Модели упругой деформации неподвижных спортивных снарядов представляют собой уравнения колебаний балки с коэффициентами, соответствующими принятой модели спортивного снаряда. В случае движения самого упругого снаряда модели движения разбиваются на два вида: динамические модели движения снаряда и модели его колебания. Такой подход позволяет получить количественную картину влияния снаряда на человека, что дает возможность учесть этот фактор при подготовке спортсменов.

Список основных источников

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

2. 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.

3. 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. институт МВД, 2015. — 196 с.

4. Покатилов, А. Е. Биодинамические исследования спортивных упражнений в условиях упругой опоры / А. Е. Покатилов, В. И. Загrevский, Д. А. Лавшук. — Минск : Издат. центр БГУ, 2008. — 279 с.

5. Воронович Ю. В., Лавшук Д. А. Совершенствование биомеханической структуры тяжелоатлетического упражнения «Рывок» [Электронный ресурс] // Физическое воспитание, спорт, физическая реабилитация и рекреация: перспективы и проблемы развития : материалы VI междунар. электрон. науч.-практ. конф., 20–21 мая 2016 г., Красноярск : электрон. сб. / под общ. ред. Т. Г. Арутюняна ; Сибир. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2016. — Режим доступа: <http://docplayer.ru/44160639-Fizicheskoe-vospitanie-sport-fizicheskaya-reabilitaciya-i-rekreaciya-problemy-i-perspektivy-razvitiya.html>. — Дата доступа: 11.02.2020.

6. 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 : МГУ имени А. А. Кулешова, 2015. — С. 203–207.

7. Воронович, Ю. В. Сравнительный биомеханический анализ кинематических показателей техники рывка в тяжелой атлетике / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук, В. И. Загrevский // Мир спорта. — 2012. — № 1 (46). — С. 47–52.

8. 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.

9. Воронович, Ю. В. Педагогико-биомеханическое структурирование упражнения «Рывок» в тяжелой атлетике / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук, В. И. Загrevский // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы V Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф., 23–24 нояб. 2017 г. / под ред. А. Н. Фураева — М. : Малаховка, 2017. — С. 17–22.

10. Снитко, Н. К. Строительная механика / Н. К. Снитко. — М. : Высшая школа, 1980. — 432 с.

11. Гавердовский, Ю. К. Техника гимнастических упражнений. Популярное учебное пособие / Ю. К. Гавердовский. — М. : Терра-Спорт, 2002. — 512 с.

12. Загrevский, В. И. Компьютерная программа построения расчетных моделей анализа движения биомеханических систем / В. И. Загrevский, О. И. Загrevский // Теория и практика физической культуры. — 2014. — № 7. — С. 66–68.

13. Воронович, Ю. В. Программно-аппаратный комплекс анализа и коррекции техники тяжелоатлетических упражнений / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук //

Вісн. Чернігів. нац. пед. ун-ту. Сер.: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт. — 2013. — Вип. 112 (Т. 3). — С. 18–20.

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

15. 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. трудов / Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь. — Могилев, 2016. — Вып. 4. — С. 258–265.

УДК 331

В. Д. Выборный

*профессор кафедры социально-гуманитарных дисциплин
Могилевского института МВД,
кандидат исторических наук, доцент*

ТРУДОВАЯ МОТИВАЦИЯ РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

LABOUR MOTIVATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES WORKERS IN THE MOGILEV REGION

***Аннотация.** В статье на основе данных социологических опросов исследуется трудовая мотивация работников крупных предприятий Могилевской области. Рассматриваются существующие внутриколлективные отношения, степень удовлетворенности респондентов своей работой. Дается анализ недостатков и источников конфликтов в трудовых коллективах, раскрывается механизм создания эффективной мотивационной среды.*

***Ключевые слова:** опрос, наблюдения, респонденты, работники, предприятия, трудовой коллектив, мотивация труда, проблемы, конфликты, межличностные отношения, удовлетворенность работой.*

***Annotation.** Based on the data of opinion polls, the article examines the labour motivation of employees of large enterprises in the Mogilev region. Existing collective relations and the degree of respondents' satisfaction with their work are considered.*