

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ  
РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ В ЛЕГКОАТЛЕТИЧЕСКОМ СПРИНТЕ  
(НА ПРИМЕРЕ СПОРТСМЕНКИ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ)**

*Козина Жаннета, Чебану Елена*

Харьковский национальный педагогический университет имени Г. С. Сковороды

**Анотации:**

Цель работы – выявить закономерности индивидуальной динамики соревновательной результативности спринтеров высокой квалификации в тренировочных циклах различной продолжительности. Была проанализирована динамика соревновательной результативности спортсменки высокой квалификации на

The aim of the work is to reveal the regularities of the individual dynamics of competitive performance of sprinters of high qualification in training cycles of different duration. The dynamics of the competitive performance of a high-qualified athlete at international competitions from 1997 to 2015 in the 400 m,

Мета роботи – виявити закономірності індивідуальної динаміки змагальної результативності спринтерів високої кваліфікації в тренувальних циклах різної тривалості. Було проаналізовано динаміку змагальної результативності спортсменки високої кваліфікації на міжнародних змаганнях з 1997

международных соревнованиях с 1997 по 2015 годы в беге на 400 м, 200 м, 100 м и 60 м. Составлены математические модели нелинейной регрессии, описывающие динамику соревновательной результативности спортсменки в многолетнем периоде. На основании полученных моделей составлен прогноз результатов на 2016–2017 годы. Составлены модели соревновательной результативности по типу нелинейной синусоидальной регрессии в годичном цикле подготовки к паралимпийским играм 2016 года среди спортсменов с нарушениями зрения (категория T12). Даны рекомендации по корректировке тренировочного процесса согласно полученным естественным закономерностям изменения функционального состояния спортсменки. В тренировочном процессе обследуемой спортсменки были учтены данные рекомендации. В результате на Паралимпиаде 2016 года спортсменка стала чемпионкой Мира и серебряной призеркой Паралимпиады 2016 года.

### Ключевые слова:

легкая атлетика, спринт, прогноз, моделирование, регрессия, динамика, индивидуализация

200m, 100m and 60m races was analyzed. Mathematical models of non-linear regression describing the dynamics of the athlete's competitive performance in the long-term period are compiled. Based on the models obtained, a forecast of the results for 2016–2017 is compiled. Models of competitive performance as nonlinear sinusoidal regression in the annual cycle of preparation for the Paralympic Games of 2016 among athletes with visual impairments (category T12) are made. Recommendations are given for adjusting the training process in accordance with the obtained natural patterns of changes in the functional state of the athlete. In the training process of the examined athlete these recommendations were taken into account. As a result, at the Paralympic Games in 2016 the sportswoman became the World Champion and the silver medalist of the Paralympic Games of 2016.

track and field athletics, sprint, forecast, modeling, regression, dynamics, individualization

по 2015 року в бігу на 400 м, 200 м, 100 м і 60 м. Складені математичні моделі нелінійної регресії, що описують динаміку змагальної результативності спортсменки в багаторічному періоді. На підставі отриманих моделей складено прогноз результатів на 2016–2017 роки. Складено моделі змагальної результативності за типом нелінійної синусоїдальної регресії в річному циклі підготовки до паралімпійських ігор 2016 року серед спортсменів з вадами зору (категорія T12). Дано рекомендації щодо коригування тренувального процесу відповідно до отриманих природним закономірностям зміни функціонального стану спортсменки. У тренувальному процесі обследуемой спортсменки були враховані дані рекомендації. В результаті на Паралімпіаді 2016 року спортсменка стала чемпіонкою Світу та срібною призеркою Паралімпіади 2016 року.

легкая атлетика, спринт, прогноз, моделювання, регресія, динаміка, індивідуалізація

**Постановка проблемы.** В современном спорте прогрессирующее повышение тренировочных нагрузок на определенных этапах вступает в противоречие с ходом приспособительных изменений в организме спортсмена. Это вызывает необходимость наряду с отдыхом временно снижать нагрузки, что обеспечивает необходимые биологические перестройки [9; 10]. Поэтому динамика тренировочных нагрузок не может иметь вид прямой линии – она должна приобретать волнообразный характер. Данное положение соответствует принципу волнообразного изменения нагрузок в общей теории спортивной тренировки [10]. При этом большое значение имеет искусство строить спортивную тренировку в правильном соразмерении естественных колебаний спортивной формы, связанных с адаптационными процессами, внутренними и внешними факторами, воздействующими на спортсмена, с величиной объема и интенсивности тренировочных нагрузок. Однако в настоящее время умение сочетать нагрузки разной направленности не только в их взаимосвязи между собой, но и в соответствии с индивидуальными закономерностями изменения функционального состояния спортсмена, остается в большей степени искусством тренера, основанном на его опыте и интуиции.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Несмотря на сложность данной проблемы, в спортивной науке предпринимаются попытки выявить определенные закономерности подъемам и спадам функционального состояния спортсменов, которое отражается на способности выполнять тренировочные задания, и на соревновательной результативности. В некоторых работах [1; 9; 10] подъемы и спады функционального состояния спортсмена объясняются гетерохронностью восстановительных процессов, т.е. факторами спортивной тренировки. Ряд авторов [1; 6; 7] пытается объяснить волнообразную динамику функционального состояния различной гормональной активностью в течение определенных периодов. Это относится, главным образом, к женскому контингенту спортсменов в связи с наличием овариально-менструальных циклов.

Существуют также гипотезы о влиянии на работоспособность спортсменов различных природных биоритмов [1; 7; 15].

Биоритм (от греческого βίος – bios, «life» и ῥυθμός – rhythmos, «любое регулярное повторяющееся движение, ритм») [1; 7; 15] – это попытка предсказать различные аспекты жизни человека посредством простых математических циклов. Теория была разработана Вильгельмом Флисом в конце XIX века и была популяризирована в Соединенных Штатах в конце 1970-х годов. Большинство ученых полагают, что эта идея не имеет более прогностической способности, чем вероятность [14]. Теория биоритмов – это теория, согласно которой наша повседневная жизнь существенно зависит от ритмических циклов.

Согласно теории биоритмов, на жизнь человека влияют ритмические биологические циклы, которые влияют на его или ее способность в различных областях, таких как умственная, физическая и эмоциональная активность. Эти циклы начинаются с рождения и осциллируют в устойчивой (синусоидальной) форме на протяжении всей жизни, и, математически моделируя их, предполагается, что уровень способности человека в каждой из этих областей может быть предсказан изо дня в день. Теория основана на идее, что биологическая обратная связь и гормональная секреция функционируют внутри организма, могут проявлять синусоидальное поведение с течением времени.

Теория о существовании биоритмических синусоидальных циклов, которые начинают действовать при рождении человека (физический, эмоциональный, интеллектуальный, интуитивный) имела как подтверждения среди ученых, так и опровержения. В исследованиях [2; 4–8] выявлены взаимосвязи между соревновательной результативностью и значениями некоторых биоритмов. Кроме того, были проанализированы закономерности соревновательной результативности спортсменов высокой квалификации в баскетболе с помощью методов нелинейной регрессии и показано, что динамика соревновательной результативности описывается синусоидальной функцией с различными значениями периодов и амплитуды для каждого спортсмена [7; 12].

Shafiee Shahram, Rahim Ramezanezhad, Hakime Afrouzeh, Vahid Rabbani [14] исследовали влияние значений физического биоритма на самочувствие баскетболистов и не выявили достоверной взаимосвязи между субъективно оцениваемой работоспособностью и величиной физического биоритма.

Теоретические и экспериментальные данные из области биологии и экологии [1; 15] свидетельствуют о влиянии внешних и внутренних хронобиологических факторов на различные показатели жизнедеятельности в живой природе. Так, выделяют суточные ритмы, приливно-отливные ритмы и синодические ритмы (лунные), годовые ритмы, фотопериодизм. Суточный ритм обнаружен у разнообразных организмов, от одноклеточных до человека. У человека отмечено свыше 100 физиологических функций, затронутых суточной периодичностью: сон и бодрствование, изменение температуры тела, ритма сердечных сокращений, глубины и частоты дыхания, объема и химического состава мочи, потоотделения, мышечной и умственной работоспособности и т.д.

Периодичность, равная лунному месяцу (синодический ритм), в качестве эндогенного ритма проявляется в приуроченности к определенным фазам Луны. У человека предполагается первоначальная связь менструальных циклов с синодическим месяцем, отмечены изменения склонности к кровотечениям у оперированных больных и т.д. Годовые ритмы – одни из наиболее универсальных в живой природе. Закономерные изменения физических условий в течение года вызвали в эволюции видов, в том числе, и человека, множество самых разнообразных адаптаций к этой периодичности. Фотопериодизм – это реакция организмов на сезонные изменения длины дня. Его проявление зависит не от интенсивности освещения, а только от ритма чередования темного и светлого периодов суток.

Логично предположить, что периодически повторяющиеся изменения функционального состояния спортсменов – это результат как тренировочных воздействий, так и воздействий

внутренней (гормональной) природы, так и внешних природных факторов, связанных с геологическими и климатическими колебаниями. Все эти факторы суммируются и проявляются в виде колеблемости уровня работоспособности, функционального состояния и соревновательной результативности спортсменов.

Таким образом, при наличии фактов, свидетельствующих о существовании внутренних и внешних причин волнообразного изменения функционального состояния спортсменов, подчиняющегося определенным закономерностям, среди специалистов в спортивной науке нет однозначного мнения по поводу причин, вызывающих данные колебания, и по поводу возможностей управления тренировочным процессом с учетом данных закономерностей.

**Связь работы с научными программами, планами, темами.** Исследование проведено согласно: «Сводному плану научно-исследовательской работы в сфере физической культуры и спорта на 2011–2015 гг» по теме 2.4 «Теоретико-методические основы индивидуализации в физическом воспитании и спорте» (№ государственной регистрации: 0112U002001); научно-исследовательской работе, которая финансируется за счет государственного бюджета Министерства образования и науки Украины на 2013–2014 гг. «Теоретико-методические основы применения информационных, педагогических и медико-биологических технологий для формирования здорового образа жизни» (№ государственной регистрации: 0113U002003); научно-исследовательской работе, которая финансируется за счет государственного бюджета Министерства образования и науки Украины на 2015–2016 гг. «Теоретико-методические основы применения средств информационной, педагогической, медико-биологической направленности для двигательного и духовного развития и формирования здорового образа жизни» (№ государственной регистрации: 0115U004036); научно-исследовательской работе, которая финансируется за счет государственного бюджета Министерства образования и науки Украины на 2017–2018 гг. «Теоретико-методические основы применения информационных, медико-биологических и педагогических технологий для реализации индивидуального физического, интеллектуального и духовного потенциала и формирования здорового образа жизни» (№ государственной регистрации: 0117U000650).

**Цель работы** – выявить закономерности индивидуальной динамики соревновательной результативности спринтеров высокой квалификации в тренировочных циклах различной продолжительности.

**Материал и методы.** В исследовании приняла участие одна из авторов работы (Ч-ну Е. И.), специализируется в беге на короткие дистанции и прыжках в длину, чемпионка Европы по легкой атлетике 2010 года; призёр чемпионатов мира среди паралимпийцев и Паралимпийских игр 2016 года.

Была проанализирована динамика соревновательной результативности спортсменки высокой квалификации на международных соревнованиях с 1997 по 2015 годы в беге на 400 м, 200 м, 100 м и 60 м. Составлены математические модели нелинейной регрессии, описывающие динамику соревновательной результативности спортсменки в многолетнем периоде. На основании полученных моделей составлен прогноз результатов на 2016–2017 годы [1; 3; 8; 12]. Составлены модели соревновательной результативности по типу нелинейной синусоидальной регрессии в годичном цикле подготовки к паралимпийским играм 2016 года среди спортсменов с нарушениями зрения (категория T12). Даны рекомендации по корректировке тренировочного процесса согласно полученным естественным закономерностям изменения функционального состояния спортсменки. Проведен анализ соревновательной результативности спортсменки 2016 года по сравнению с прогнозируемыми результатами.

**Результаты исследования и их обсуждение.** *Теоретическое обоснование синусоидальной модели индивидуальной динамики соревновательной результативности.* Из классической теории спорта [9; 10] известно, что развитие спортивной формы осуществляется волнообразно, с отдельными ограниченными периодами линейного развития. Для практической работы и про-

гнозирования результата на коротких интервалах времени применяют линейные регрессионные модели [7; 8; 11]. Однако более продолжительные периоды развития спортивной формы линейным уравнением регрессии описать уже сложно, для этого необходимо применять другие функциональные закономерности.

Одной из таких функциональных закономерностей являются колебательные процессы [1–4; 15]. Согласно физическим законам, колебаниями являются движения или процессы, обладающие той или иной повторяемостью во времени. Для живых систем наиболее характерны гармонические колебания, при которых колеблющаяся величина  $x$  изменяется со временем по закону синуса, либо косинуса [24]:

$$x(t) = A \cdot \text{Cos}(\omega t + \alpha), \quad (1)$$

или

$$x(t) = A \cdot \text{Sin}(\omega t + \alpha), \quad (2)$$

где  $A$  – амплитуда;  $\omega$  – круговая частота;  $\alpha$  – начальная фаза;  $(\omega t + \alpha)$  – фаза.

Колебательные процессы, происходящие в живой природе, определяют биологическое время. В природе существует бесчисленное количество всевозможных колебательных процессов. Есть колебательные процессы, которые происходят на уровне клетки, время которых измеряется от 0,5 минуты до часа.

Есть колебательные процессы, которые происходят на уровне отдельных систем организма. Например, биение сердца, дыхание, смена фаз сна и бодрствования, колебание температуры тела (у человека выше днём), работа мускулатуры кишечника, интенсивность обмена веществ, степень активности и быстрота реакций, настроение и др. Даже размеры самих клеток имеют разные периоды колебаний.

Часть такого рода колебательных процессов имеет циркадный (околосуточный) цикл. Другая часть процессов, происходящих на уровне отдельных систем, имеет циклы, соответствующие смене фаз Луны. Это либо лунно-месячные циклы, равные примерно 29,5 земных суток, либо лунно-суточные циклы, равные лунным суткам (примерно 24,8 земных часа). Есть еще колебания с периодичностью, равной циклам морских приливов (24,8 или 12,4 часа). Существуют колебательные процессы и с годовым циклом функциональной активности органов [15].

Колебательные процессы, происходящие в живой природе, – основное условие сохранения жизни на Земле, а существование биологического времени – жесткая необходимость: вне собственного биологического времени все живое не смогло бы ни существовать, ни воспроизводиться [15].

В этой связи процесс изменения соревновательной результативности, который является одним из аспектов биологических процессов, целесообразно рассматривать с точки зрения колебательных процессов. Поэтому, если мы рассматриваем динамику соревновательной результативности спортсменов, то наиболее приемлемой функцией для описания данной закономерности является функция, отражающая гармоничные колебательные процессы, т.е. – синусоидальная.

*Синусоидальная модели индивидуальной динамики соревновательной результативности.* Как показали наши экспериментальные исследования [5–8; 11], наиболее адекватной моделью для описания индивидуальных особенностей динамики соревновательной результативности, является синусоидальная функция, поскольку изменения данных показателей являются гармоничными, т.е. описываются синусоидальными функциями с периодом 25–30 дней у женщин и 33–37 дней у мужчин и имеют достоверную корреляцию ( $r=0,53–0,71$ ,  $p<0,05$ ) со значениями эмоционального биоритма у женщин и интеллектуального биоритма у мужчин [8]. Применение данных закономерностей в учебно-тренировочном процессе оказало положительное влияние на показатели индивидуальной соревновательной результативности и функционального состояния спортсменов [7; 11].

Применение регрессионной синусоидальной модели эффективно в практической работе, поскольку позволяет достаточно быстро, пользуясь лишь данными протоколов соревнований и тренировочных стартов, предсказать время «подъемов» и «спадов» индивидуальной результативности. Это помогает корректировать тренировочные программы, например, снижая уровень физической нагрузки перед предполагаемым «спадом» или больше уделяя внимания средствам восстановления.

Основной показатель в синусоидальной формуле для практической работы – это период колебаний. Зная период индивидуальных колебаний функционального состояния спортсмена, определяющее соревновательную результативность, тренер может предвидеть «подъемы» и «спады» соревновательной результативности каждого спортсмена.

На основании данных теоретических положений был составлен алгоритм определения закономерностей индивидуальной динамики результативности спортсменов высокой квалификации на примере легкоатлетического спринта. Данный алгоритм состоит из следующих положений:

1. Определение математических закономерностей изменений результативности спортсмена в течение многолетней подготовки;
2. Составление прогноза на срок от одного до нескольких месяцев по индивидуальной соревновательной результативности;
3. Определение математических закономерностей изменений результативности спортсмена в течение годового цикла и отдельных мезоциклов;
4. Составление прогноза на срок до одного месяца по индивидуальной соревновательной результативности;
5. Корректировка тренировочных программ согласно прогнозируемым подъемам и спадам спортивной формы спортсмена.

*Результаты экспериментальных исследований.* В нашем исследовании была проанализирована динамика соревновательной результативности спортсменки высокой квалификации на международных соревнованиях с 1997 по 2015 годы в беге на 400 м, 200 м, 100 м и 60 м. Составлены математические модели нелинейной регрессии, описывающие динамику соревновательной результативности спортсменки в многолетнем периоде. На основании полученных моделей составлен прогноз результатов на 2016–2017 годы.

Соревновательная результативность спортсменки с 1997 г. по 2015 г. на дистанции 400 м описывается уравнением полиномиальной регрессии (рис. 1),  $R^2=0,93$ , что свидетельствует о высокой точности приближения. Если продлить данную кривую согласно уравнению регрессии далее, мы получим прогноз результативности на данной дистанции. Мы можем видеть, что к середине 2016 года согласно прогнозу ожидается подъем результативности на данной дистанции, однако данный подъем ниже личных рекордов спортсменки, которые наблюдались в 2003–2005 годах (рис. 1). Для успешных выступлений на Паралимпиаде 2016 года необходимо повышение результативности.

Аналогичным образом были проанализированы полиномиальные регрессионные кривые на период с 1997 года по 2015 год результативности на 200 м, 100 м, 60 м.

Соревновательная результативность спортсменки с 1997 г. по 2015 г. на дистанции 200 м описывается уравнением полиномиальной регрессии (рис. 2),  $R^2=0,71$ , что свидетельствует о высокой точности регрессионного приближения. Если продлить данную кривую согласно уравнению регрессии далее, мы получим прогноз результативности на данной дистанции. Мы можем видеть, что к середине 2016 года согласно прогнозу ожидалась стабилизация и даже некоторое снижение результативности на данной дистанции (рис. 2). Для успешных выступлений на Паралимпиаде 2016 года необходимо было повышение результативности на данной дистанции.

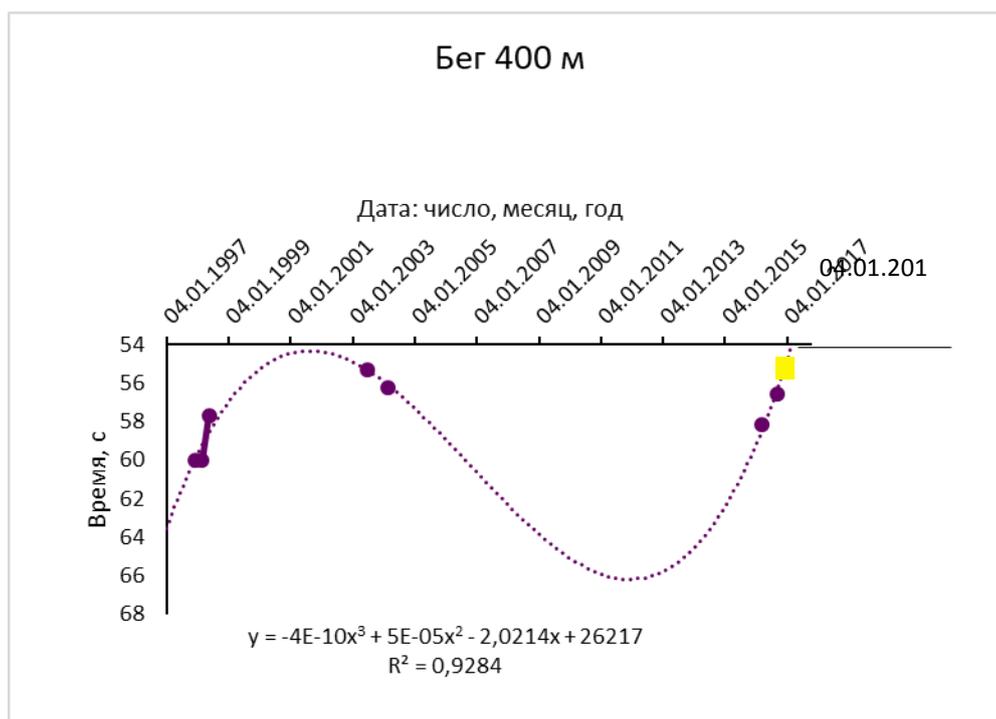


Рис. 1. Индивидуальная соревновательная результативность спортсменки Ч-у Е. на дистанции 400 м: Точки на пунктирной кривой – результаты в соревнованиях международного уровня; Пунктирная кривая – график полиномиальной регрессии, описывающей динамику соревновательной результативности с 1997 г. по 2015 г.; Сплошная кривая – прогноз результативности с 2015 г.

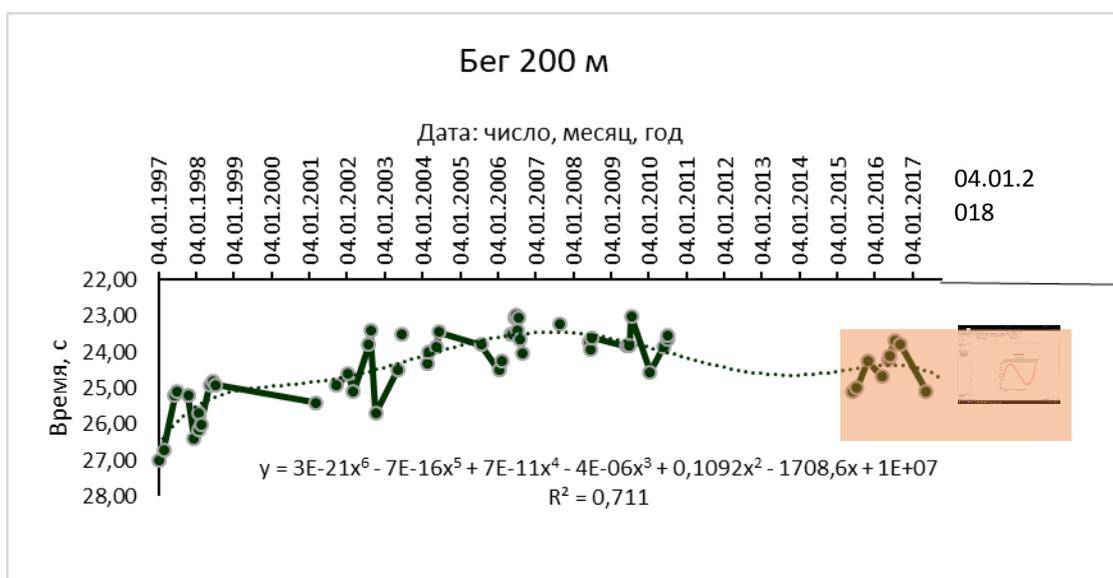


Рис. 2. Индивидуальная соревновательная результативность спортсменки Ч-у Е. на дистанции 200 м: Точки на пунктирной кривой – результаты в соревнованиях международного уровня; Пунктирная кривая – график полиномиальной регрессии, описывающей динамику соревновательной результативности с 1997 г. по 2015 г.; Сплошная кривая, закрашенный участок графика – прогноз результативности с 2015 г.

Такая же закономерность характерна и для дистанции 100 м (рис. 3). Соревновательная результативность спортсменки с 1997 г. по 2015 г. на дистанции 100 м также описывается уравнением полиномиальной регрессии (рис. 3),  $R^2=0,66$ , что свидетельствует о достаточной точности регрессионного приближения. Если продлить данную кривую согласно уравнению регрессии

далее, мы получим прогноз результативности на данной дистанции. Мы можем видеть, что к середине 2016 года согласно прогнозу, так же, как и для дистанции 200 м, ожидалась стабилизация и даже некоторое снижение результативности на данной дистанции (рис. 3). Для успешных выступлений на Паралимпиаде 2016 года необходимо было повышение результативности на данной дистанции.

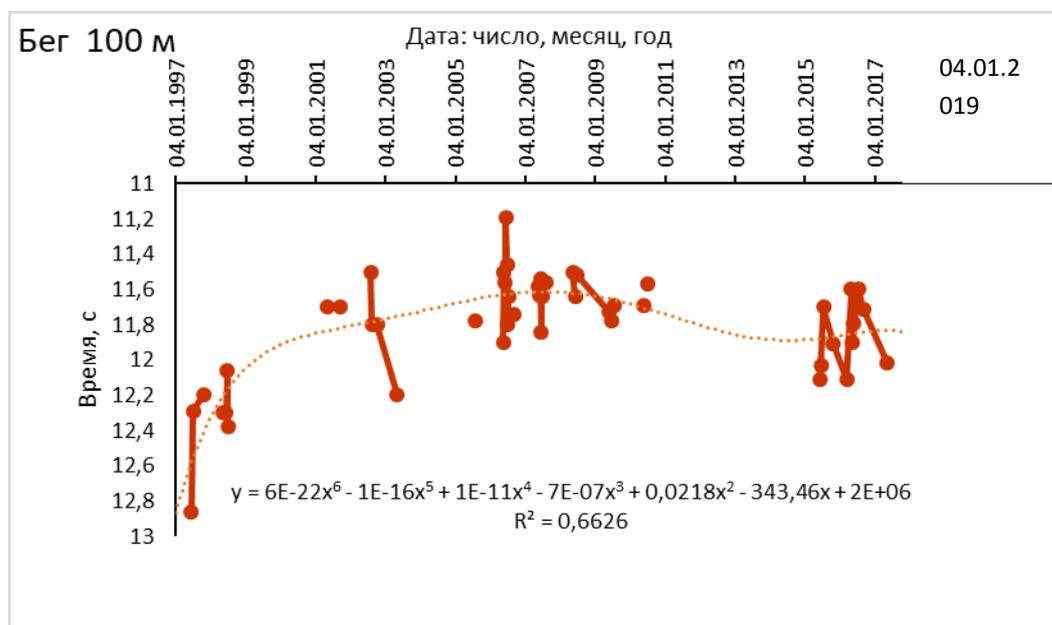


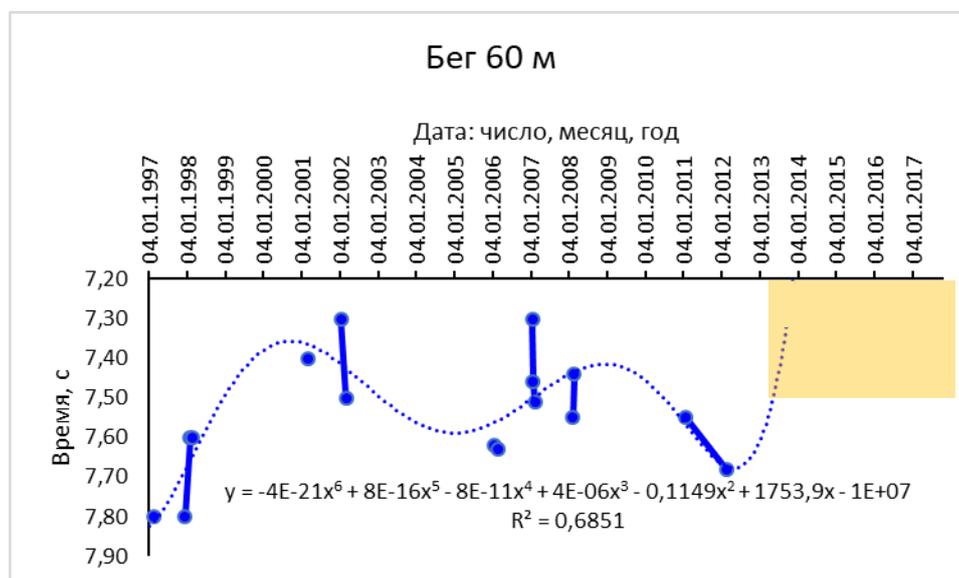
Рис. 3. Индивидуальная соревновательная результативность спортсменки Ч-у Е. на дистанции 100 м: Точки на пунктирной кривой – результаты в соревнованиях международного уровня; Пунктирная кривая – график полиномиальной регрессии, описывающей динамику соревновательной результативности с 1997 г. по 2015 г.; Сплошная кривая, закрашенный участок графика – прогноз результативности с 2015 г.

На дистанции 60 м, наоборот, ожидался подъем результативности к 2016 году (рис. 4). Соревновательная результативность спортсменки с 1997 г. по 2015 г. на дистанции 60 м описывается уравнением полиномиальной регрессии (рис. 4),  $R^2=0,68$ , что свидетельствует о достаточной точности регрессионного приближения. Поскольку на 60 м ожидалось повышение результативности, был сделан вывод о необходимости усиления скоростно-силовой подготовки спортсменки и работе над стартовой скоростью, т.е. о необходимости акцента на сильные стороны спортсменки, которые имеют тенденцию к увеличению.

Таким образом, на основании регрессионных моделей результативности и анализа прогнозируемого результата на различных дистанциях были выделены сильные стороны спортсменки, которые имеют тенденцию к развитию.

Такой сильной стороной в нашем случае оказался бег на короткую дистанцию 60 м. Поскольку на Паралимпиаде 2016 года необходимо было показать результат в беге на 200 м, 100 м, был сделан вывод о необходимости развития сильных сторон спортсменки, определяющих результат на дистанции 60 м и необходимых для результативности на дистанциях 200 м и 100 м. Такими сильными сторонами являются взрывная сила, стартовая скорость, алактатная выносливость, поскольку именно данные факторы наиболее значимы на дистанции 60 м. Эти же факторы имеют важное значение для успешности выступлений на дистанциях 100 и 200 м. Однако, согласно анализу регрессионных кривых, результаты на дистанциях 200 м и 100 м к 2016 году были склонны к стабилизации и даже к некоторому снижению. Только на дистанции 400 м предполагалось некоторое улучшение результатов, однако не достаточное. Поэтому было принято решение для подготовки в Паралимпиаде 2016 года сделать упор на сильные стороны спортсменки, которые, согласно прогнозу, должны были возрастать. Как уже было отмечено

но, это были факторы, определяющие результативность на 60 м, поскольку прогноз именно по данной дистанции был наиболее благоприятным. В связи с этим программа подготовки в Паралимпиаде 2016 года была построена с акцентом на развитие взрывной силы, стартовой скорости и алактатной выносливости.



*Рис. 4. Индивидуальная соревновательная результативность спортсменки Ч-у Е. на дистанции 60 м: Точки на пунктирной кривой – результаты в соревнованиях международного уровня; Пунктирная кривая – график полиномиальной регрессии, описывающей динамику соревновательной результативности с 1997 г. По 2015 г.; Сплошная кривая, закрашенный участок графика – прогноз с 2015 г. результативности*

Кроме того, согласно разработанному алгоритму, были проанализированы регрессионные модели динамики результативности на более коротких отрезках, включающих годичный цикл подготовки или же несколько мезоциклов. Для этого были построены синусоидальные модели результативности для определения индивидуальных периодов закономерности подъемов и спадов состояния спортсменки. Примеры таких моделей приведены на рисунках 5 и 6. Результативность спортсменки на дистанции 200 м в годичном цикле 2015-2016 гг. описывалась синусоидальной функцией  $y(x)=3,4\sin(1.2x)+27$ , где:  $x=10$  суток,  $y$  – результативность.

На более длительных временных интервалах, включающих несколько мезоциклов, соревновательная результативность спортсменки описывалась уравнением синусоидальной функции  $y(x)=-3,4\sin(0.2x)+27$ , где  $x=10$  суток,  $y$  – результативность.

На основании полученных данных были даны рекомендации по корректировке тренировочного процесса согласно полученным естественным закономерностям изменения функционального состояния спортсменки. Проведен анализ соревновательной результативности спортсменки 2016 года по сравнению с прогнозируемыми результатами.

Следует заметить, что выявление закономерностей индивидуальной соревновательной результативности целесообразно только для квалифицированных спортсменов, поскольку, чем выше уровень квалификации, тем более упорядочена закономерность изменения индивидуальной соревновательной результативности.

Для практической работы тренера наиболее важным является показатель периода колебаний игровой результативности. В данном случае период колебаний игровой результативности спортсменки составлял 46 суток. Это означает, что, если у этой спортсменки в течение некоторого промежутка времени наблюдается ярко выраженный подъем результативности, то аналогичный подъем можно ожидать примерно через 46 дней, а через 23 дня можно ожидать относительный спад функционального состояния игрока. Снизив нагрузку перед ожидаемым «спа-

дом» или применив адекватные средства восстановления работоспособности, можно существенно уменьшить «спад» и увеличить «подъем» [8; 11].

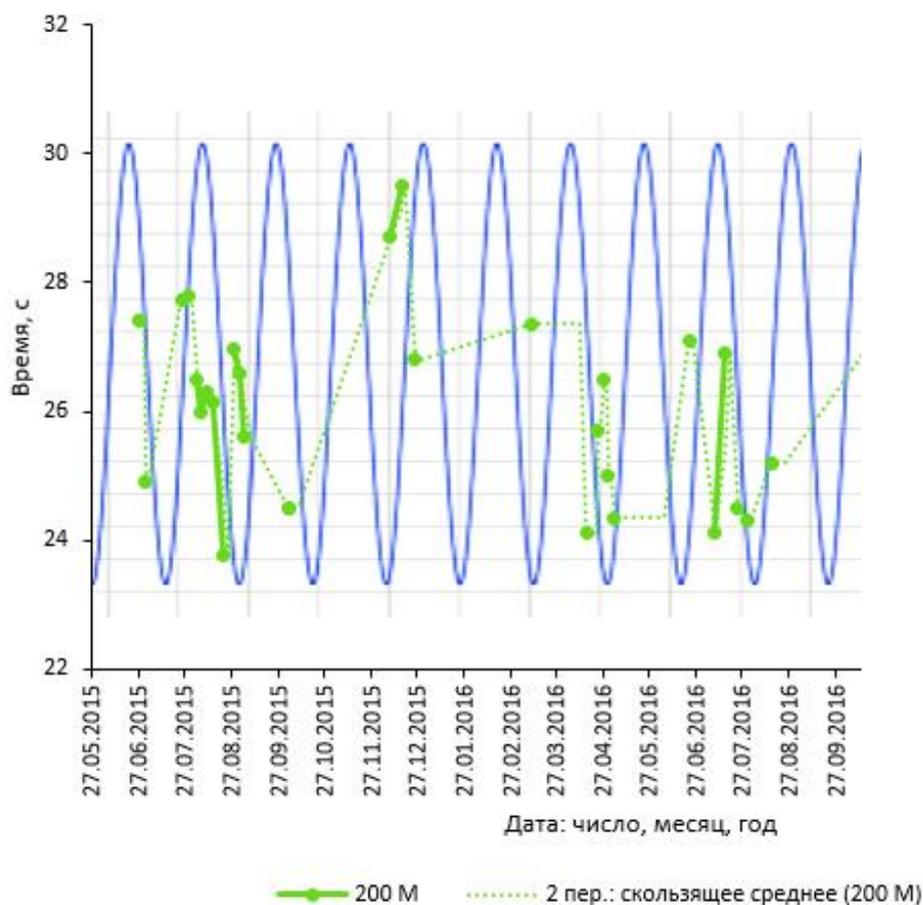


Рис. 5. Индивидуальная соревновательная результативность спортсменки Ч-у Е. на дистанции 200 м; период колебаний охватывает несколько микроциклов;  
 Точки на пунктирной кривой – результаты в соревнованиях международного уровня;  
 Пунктирная кривая – график полиномиальной регрессии, описывающей динамику соревновательной результативности с 2015 г. по 2016 г.;  $y(x) = 3,4\sin(1,2x) + 27$ , где  $x = 10$  суток

Полученные данные соответствуют нашим предыдущим исследованиям [3-8; 11], показавшим, что у квалифицированных спортсменов часто соревновательная результативность подчиняется периодам от 23 до 50 суток. Периоды более 30 суток соответствуют изменениям ментальной сферы. Поэтому корректировка тренировочных программ должна строиться с учетом данной особенности спортсменки. В этой связи этой спортсменке вначале необходимо понять смысл предлагаемых упражнений, «проиграть» в уме различные технико-тактические действия. Для обследуемой спортсменки весьма эффективны самостоятельные установки на активизацию восстановительных процессов, пребывание в зоне природы. Этой спортсменке в качестве средства восстановления подходит спокойная музыка, типа «релакс» или «транс» с видеосопровождением. Из других видов спорта подходит все, что связано с необходимостью мыслить: спортивные игры, восточные единоборства. В качестве лекарственных растений для повышения и восстановления работоспособности можно применять средства, повышающие тонус и укрепляющие нервную систему: жень-шень, василек луговой, ромашка лекарственная, душица обыкновенная, девясил британский, девясил большой, аир болотный и др.

Следует отметить, что в тренировочном процессе обследуемой спортсменки были учтены данные рекомендации. В результате на Паралимпиаде 2016 года спортсменка показала результаты, несколько превышающие прогноз согласно регрессионным моделям полиномиальных функций, стала чемпионкой Мира и серебряным призером Паралимпиады 2016 года.

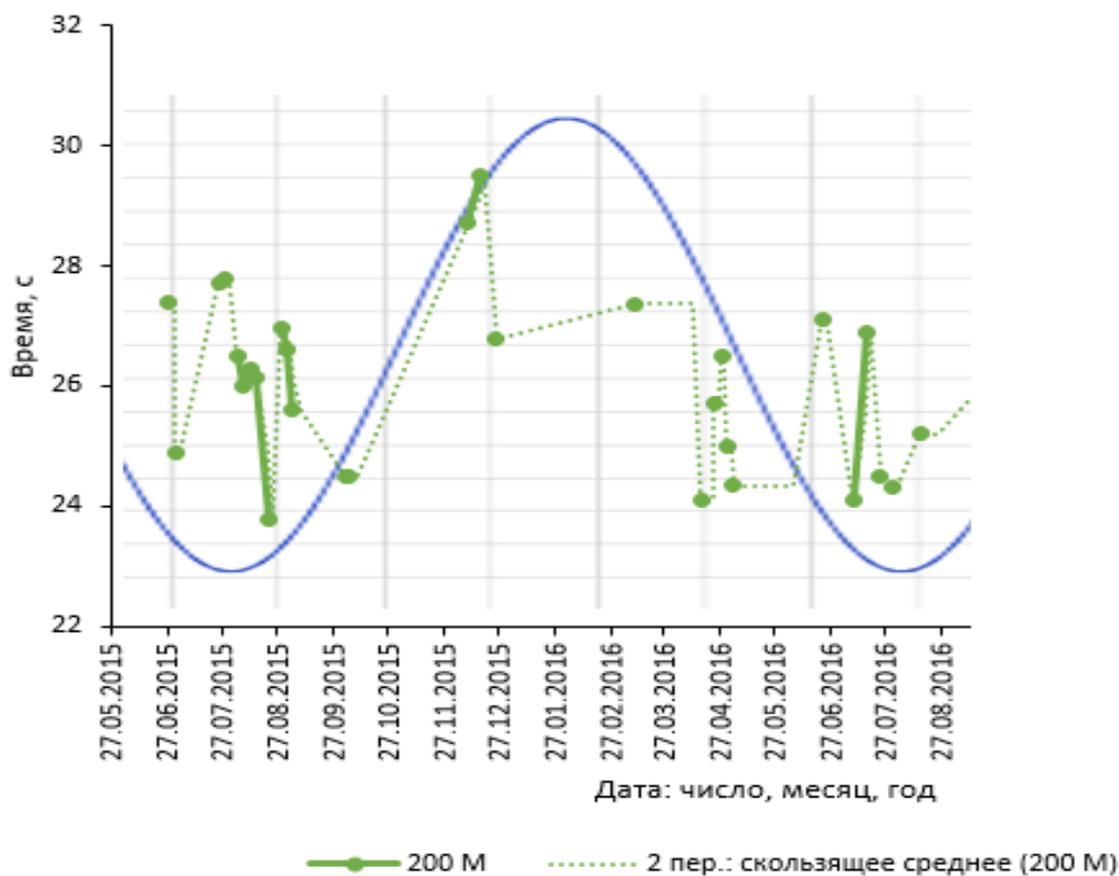


Рис. 6. Індивідуальна змагальна результативність спортсменки Ч-у Е. на дистанції 200 м; період коливань охоплює декілька мезоциклів:

Точки на пунктирній кривій – результати в змаганнях міжнародного рівня;

Пунктирна крива – графік поліноміальної регресії, описуючої динаміку змагальної результативності з 2015 г. по 2016 г.;  $y(x) = -3,4 \sin(0,2x) + 27$ , де  $x = 10$  суток

**Дискуссія.** Отримані нами результати згодні з результатами наших досліджень, свідчать про наявність періодичності коливань змагальної результативності кваліфікованих спортсменів. Так, в більш ранніх роботах [7; 8] ми виявили, що динаміка індивідуальної ігрової результативності описується синусоїдальними функціями з періодами 28-32 суток. Отримані дані можуть бути корисні для прогнозування індивідуальної ігрової результативності спортсменів, визначення індивідуальних особливостей гравців і корекції тренувальних програм.

Було підтверджено дані [7; 8; 11], що процес зміни змагальної результативності цілком природно розглядати з точки зору коливальних процесів. Найбільш прийнятною функцією для опису даної закономірності є синусоїдальна функція.

Показано, що для спринтерів високої кваліфікації, так само, як і для баскетболістів високої кваліфікації [7; 8; 11], регресійна модель індивідуальної динаміки ефективності змагальної діяльності підкоряється синусоїдальній залежності, яку описує рівняння регресії  $y = a + b \sin((2\pi/t)(T - c))$ , де  $y$  – результативність,  $T$  – часовий інтервал, тобто день по рахунку від першого аналізованого змагання, коефіцієнт  $a$  означає середнє значення результативності даного спортсмена, коефіцієнт  $b$  означає амплітуду коливань результативності спортсмена, коефіцієнт  $t$  – період коливань ігрової результативності спортсмена, коефіцієнт  $c$  – значення періода в момент першого аналізованого змагання.

Потверджені також дані [7; 8; 11], що застосування регресійної синусоїдальної моделі ефективно в практичній роботі, оскільки дозволяє достатньо швидко, користуючись лише даними результатів змагань, передбачити час «підйомів» і «спадів» індивідуальної результативності, що допомагає коректувати тренувальні програми і визначити деякі індивідуальні особливості спортсменів. Однак для представників легкоатлетического спринта спортсменів з порушеннями зору дані закономірності були виявлені вперше.

В наших більш ранніх дослідженнях було показано також [2; 6; 7; 8; 11], що у кваліфікованих баскетболістів, як представників чоловічих, так і представників жіночих команд, спостерігається індивідуальна динаміка ефективності ігрових дій, яка описується синусоїдальними функціями. Данна закономірність представляє собою періодичні підйоми і спади, повторюючіся в певній послідовності. Ці закономірності описуються також кубічними або квадратичними рівняннями регресії. Виявлено, що зв'язок ефективності ігрової діяльності з рівнем фізичного, емоційного і інтелектуального біоритмів індивідуальна для кожного гравця, коефіцієнт кореляції коливається від 0,61 ( $p < 0,05$ ) до повного відсутства або навіть від'ємної зв'язку. Це може бути пояснено різною чутливістю гравців або різним рівнем їх спортивної підготовленості.

Однак в наші часи гіпотеза про існування трьох біоритмів, які починають діяти з народження людини, залишається спірною [14]. Слід зазначити, що наші дослідження показують наявність математических закономірностей динаміки змагальної результативності спортсменів високої кваліфікації, які можна використовувати в практичній роботі. При цьому можуть спостерігатися, як і не спостерігатися зв'язки результативності з значеннями трьох біоритмів.

Отримані результати також математически підтверджують необхідність дотримання принципу хвилюватості тренувальних навантажень, дозволяючи шляхом застосування регресійних моделей більш визначати періоди підвищень і знижень тренувальних навантажень згідно з змінами функціонального стану спортсменів. Таким чином, педагогічний принцип спортивної тренування отримав математическе обґрунтування, в результаті чого з'явилася можливість точного визначення періодів збільшення і зменшення тренувальних навантажень відповідно до природних підйомів і спадів функціонального стану. При цьому запропоновані моделі дозволяють обчислювати «хвилі» різної величини [9; 10]:

- малі, що характеризують динаміку навантажень в мікроциклах, які охоплюють кілька днів;
- середні, що виражають загальну тенденцію навантажень декількох малих «хвиль» в межах мезоциклів (середніх циклів) тренування;
- великі, що характеризують загальну тенденцію середніх «хвиль» в період великих циклів тренування.

Мистецтво будувати спортивну тренування в певній мірі складається саме в тому, щоб правильно збалансувати всі ці «хвилі» одна з одною, т.е. забезпечити необхідне співвідношення між динамікою навантажень в мікроциклах і більш загальними тенденціями тренувального процесу, характерними для тих або інших його етапів і періодів.

Невизбежність хвилюватості навантажень пояснюється комплексом взаємопов'язаних причин. Найбільш важливі з них наступні:

- фазовість і гетерохронність процесів відновлення і адаптації в ході тренування;
- періодичні коливання здатності організму, зумовлені його природними біоритмами і загальними факторами середовища;
- взаємодія об'єму і інтенсивності навантажень, в силу чого ці її сторони змінюються в певні фази тренувального процесу як різнонаправлено, так і однонаправлено.

На этапах, непосредственно предшествующих основным соревнованиям, волнообразное изменение нагрузок обусловлено в первую очередь закономерностями «запаздывающей трансформации» кумулятивного эффекта тренировки. Внешне феномен запаздывающей трансформации проявляется в том, что пики спортивных результатов как бы отстают во времени от пиков объема тренировочных нагрузок: ускорение роста результата наблюдается не в тот момент, когда объем нагрузок достигает особенно значительных величин, а после того, как он стабилизировался или снизился. Отсюда в процессе подготовки к соревнованиям на первый план выдвигается проблема регулирования динамики нагрузок с таким расчетом формировался. Из логики соотношений параметров объема и интенсивности нагрузок можно вывести следующие правила, касающиеся их динамики в тренировке:

– чем меньше частота и интенсивность тренировочных занятий, тем продолжительнее может быть фаза (этап) неуклонного нарастания нагрузок, но степень их прироста каждый раз незначительна;

– чем плотнее режим нагрузок и отдыха в тренировке и чем выше общая интенсивность нагрузок, тем короче периоды волнообразных колебаний в их динамике, тем чаще появляются в ней «волны»;

– на этапах особенно значительного увеличения суммарного объема нагрузок (что бывает необходимо для обеспечения долговременных адаптации морфо-функционального характера) доля нагрузок высокой интенсивности и степень ее увеличения лимитированы тем больше, чем значительнее возрастает суммарный объем нагрузок и наоборот;

– на этапах особенно значительного увеличения суммарной интенсивности нагрузок (что необходимо для ускорения темпов развития специальной тренированности) их общий объем лимитирован тем больше, чем значительнее возрастают относительная и абсолютная интенсивность.

Хотя эти правила не всегда учитываются в явной форме, фактически так или иначе ими руководствуются при построении тренировки в соответствующих условиях.

### **Выводы.**

1. Составлен алгоритм определения закономерностей индивидуальной динамики результативности спортсменов высокой квалификации на примере легкоатлетического спринта. Данный алгоритм состоит из следующих положений: определение математических закономерностей изменений результативности спортсмена в течение многолетней подготовки; составление прогноза на срок от одного до нескольких месяцев по индивидуальной соревновательной результативности; определение математических закономерностей изменений результативности спортсмена в течение годового цикла и отдельных мезоциклов; составление прогноза на срок до одного месяца по индивидуальной соревновательной результативности; корректировка тренировочных программ согласно прогнозируемым подъемам и спадам спортивной формы спортсмена.

2. Согласно разработанному алгоритму, проанализирована динамика соревновательной результативности спортсменки высокой квалификации на международных соревнованиях с 1997 по 2015 годы в беге на 400 м, 200 м, 100 м и 60 м. Составлены математические модели нелинейной регрессии, описывающие динамику соревновательной результативности спортсменки в многолетнем периоде. На основании полученных моделей составлен прогноз результатов на 2016–2017 годы. На основании регрессионных моделей результативности и анализа прогнозируемого результата на различных дистанциях выделены сильные стороны спортсменки, которые имеют тенденцию к развитию.

3. Согласно разработанному алгоритму, проанализированы регрессионные модели динамики результативности на более коротких отрезках, включающих годичный цикл подготовки или же несколько мезоциклов. Для этого были построены синусоидальные модели результативности для определения индивидуальных периодов закономерности подъемов и спадов состояния спортсменки.

4. На основании полученных данных были даны рекомендации по корректировке тренировочного процесса согласно полученным естественным закономерностям изменения функционального состояния спортсменки. В тренировочном процессе обследуемой спортсменки были учтены данные рекомендации. В результате на Паралимпиаде 2016 года спортсменка показала результаты, несколько превышающие прогноз согласно регрессионным моделям полиномиальных функций, стала чемпионкой Мира и серебряной призеркой Паралимпиады 2016 года.

**Перспективы дальнейших исследований.** В дальнейших исследованиях целесообразно более точное вычисление периодов увеличений и уменьшений тренировочных нагрузок различной направленности.

### Список використаних літературних джерел

1. Дикий Б.В. Вплив місячно-сонячних ритмів на стан здоров'я людини / Дикий Б.В., Ілько А.В. // Науковий вісник Ужгородського університету. Сер.: Медицина. – 2001. – Вип. 16. – С. 107-112.

2. Козина Ж.Л. Проявление закономерностей развития самоорганизующихся систем в сфере спортивных игр / Козина Ж.Л. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: наукова монографія за редакцією проф. Єрмакова С.С. – Харків: ХДАДМ (ХХП), 2006. – № 12. – С. 70-78.

3. Козина Ж.Л. Результаты разработки и применения универсальных методик индивидуализации учебно-тренировочного процесса в спортивных играх Слобожанський науково-спортивний вісник. 2008. № 3. 73-80.

4. Козина Ж.Л. Научно-методические пути индивидуализации учебно-тренировочного процесса в спортивных играх / Козина Ж.Л. // Проблемы и перспективы развития спортивных игр и единоборств в высших учебных заведениях. – 2005. №1. – С.188-192.

5. Козина Ж. Л. Теоретичні основи і результати практичного застосування системного аналізу в наукових дослідженнях в області спортивних ігор / Козина Ж. Л. // Теорія та методика фізичного виховання. – 2007. – № 6. – С. 15–18, 35–38.

6. Козина Ж.Л. Возможности прогнозирования соревновательной эффективности спортсменов на основе математического моделирования / Козина Ж.Л. // Слобожанський науково-спортивний вісник. – Харків: ХДАФК. – 2007. – Выпуск № 12. – С.96-103.

7. Козина Ж.Л. Индивидуальные биоритмы как фактор динамики игровой результативности баскетболистов высокого класса / Козина Ж.Л., Кравчук О.А., Попова А.В. // Физическое воспитание студентов творческих специальностей: Сб. научных трудов под ред. Єрмакова С.С. – Харьков: ХХПИ, 2004. – № 3. – С. 39-46.

8. Козина Ж.Л., Воскобойник А. С., Гринь Л.В. Застосування методів багатомірного та нелінійного регресійного аналізу для виявлення закономірностей індивідуальної динаміки змагальної результативності в баскетболі // Здоров'є, спорт, реабілітація / Научный журнал по материалам 8 международной конференции, посвященной памяти В.П. Зайцева. – 2015. – №1. – С.40-42.

9. Матвеев Л.П. Проверка одной гипотезы и комментарий к ней в аспекте теории и практики спорта / Матвеев Л.П., Гасанова З.А. // Теория и практика физ. культуры. – 2001. – N 5. – С.2-11

10. Платонов В.Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте / Платонов В.Н. . – К.: Олимпийская литература, 1997. – 584 с.

11. Kozina Z.L., Jagiello Wladyslaw, Jagiello Marina. Determination of sportsmen's individual characteristics with the help of mathematical simulation and methods of multi-dimensional analysis. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*, 2015;12:41–50. <http://dx.doi.org/10.15561/18189172.2015.120>

12. Kozina Zh.L. Zashuk S.G. Grin L.V. Conformities to law individual dynamics of playing effectiveness of basketball-players of collapsible command of ukraine // *Physical Education of Students*. 2010, vol.1, pp. 52 – 56.

13. Kozina Z., Repko O., Ionova O., Boychuk Y., Korobeinik V. Mathematical basis for the integral development of strength, speed and endurance in sports with complex manifestation of physical qualities. *Journal of Physical Education and Sport*, 2016, 16(1), 70-76. doi:10.7752/jpes.2016.01012

14. Shafiee Shahram, Rahim Ramezaninezhad, Hakime Afrouzeh, Vahid Rabbani. The relationship between biorhythm (physical cycle) and sports performance in women's basketball. *Physical education of students*, 2016;3:58–64. doi:10.15561/20755279.2016.0308

15. U-Journal: Время и жизнь как формы колебательного процесса / [Сайт сети Интернет] / Режим доступа: [http://www.u-journal.com/sections/time/1\(7\)/10/](http://www.u-journal.com/sections/time/1(7)/10/).