

**Методические рекомендации по квантификации тренировочной
нагрузки у спортсменов высокой квалификации**

Москва 2013

Содержание

Введение.....	3
1. Ключевые переменные и компоненты тренировок спортсменов высокой квалификации	4
2. Рекомендации по количественному измерению тренировочной нагрузки в тренировочных импульсах (TRIMPS) и методом обобщенных тренировочных зон	5
3. Рекомендации по квантификации тренировочной нагрузки на основе индивидуального лактатного профиля	10
4. Рекомендации по квантификации тренировочной нагрузки на основе индивидуального профиля потребления кислорода.....	15
5. Рекомендации по квантификации тренировочной нагрузки с использованием уровней воспринимаемого напряжения (RPE).....	22
6. Квантификация тренировочной нагрузки на основе критической скорости	26
7. Особенности квантификации тренировочной нагрузки для интервальных и повторных методов тренировок.....	44
8. Преимущества и недостатки методов квантификации нагрузки в специфических видах спорта. Рекомендации по использованию данных методов в соответствующих видах спорта при работе со спортсменами высокой квалификации.....	48

Введение

Тренер должен использовать объективные методы для планирования тренировочной нагрузки. Однако зачастую разрабатываемая тренировочная программа базируется на субъективных ощущениях. Сравнительно небольшое количество тренеров квантифицируют тренировочную нагрузку. Между тем использование количественных оценок является важнейшим элементов в разработке тренировочной программы. Использование такого количественного показателя, как объем (измеряемого в километраже, тоннаже или часах) недостаточно для описания уровня физиологического стресса, испытываемого спортсменом. Стресс, вызываемый спортивными тренировками, определяется действием и интенсивности, и продолжительности (объема), и частоты тренировок. Тренировочная нагрузка же является комбинацией этих переменных. Математическое измерение тренировочной нагрузки позволяет тренеру достичь нескольких важных преимуществ. Во-первых, возможность краткосрочного и долгосрочного планирования динамики тренировочной нагрузки, в том числе разработке «подводки» к главным стартам сезона. Во-вторых, количественное сопоставление плановых и фактических показателей нагрузки. В-третьих, получить возможность корреляционного исследования индивидуальных реакций спортсмена на разные величины тренировочных нагрузок.

Прогнозный спортивный результат зависит от баланса между тренировочной нагрузкой и восстановлением. Разработка методических рекомендаций по квантификации тренировочной нагрузки позволит элитным тренерам точно оценивать уровень физиологического стресса, испытываемого спортсменами, и повысить шансы их подопечным выйти на пик формы к главным соревнованиям сезона.

1. Ключевые переменные и компоненты тренировок спортсменов высокой квалификации

Тренировочный процесс можно описать несколькими ключевыми переменными: объём, интенсивность, частота тренировок.

Наиболее простое определение объема следующее: «**Объем** – это общее количество физической активности, выполненной в течение тренировки» (Bompa and Haff, 2009). Объем может измеряться в километраже (беговые дисциплины в легкой атлетике, лыжных гонках, плаватель, гребля, велосипедный спорт), часах (маунтинбайк, спортивное ориентирование, спортивная гимнастика), количестве метаний (метания и толкания), тоннаже (тяжелая атлетика). В последнем случае объем измеряется как количество сетов, умноженное на количество подходов и умноженное на вес, понимаемый спортсменом в подходе.

«**Интенсивность** может измеряться абсолютной скоростью передвижения, процентом от максимальной скорости, длиной прыжков или расстоянием в метаниях, а также физиологическими переменными (частотой сердечных сокращений, потреблением кислорода, концентрацией лактата в крови)» (Smith, 2003. С. 1110).

Частота тренировочных занятий измеряется количеством тренировочных сессий в течение определенного периода времени (дня или недели) (Smith, 2003. С. 1111).

Наконец, последним важным компонентом тренировочных программ в спорте является тренировочная нагрузка. **Тренировочная нагрузка** – это комбинация следующих элементов: интенсивности, продолжительности и частоты тренировок (Borresen and Michael Ian, 2009). Существует несколько подходов к измерению тренировочной нагрузки, которые подробно анализируются в последующих разделах.

2. Рекомендации по количественному измерению тренировочной нагрузки в тренировочных импульсах (TRIMPS) и методом обобщенных тренировочных зон

Метод тренировочных импульсов (TRIMPS) разработан группой зарубежных спортивных физиологов под руководством Е.У. Банистера (E.W. Banister) (Banister and Hamilton, 1985; Fitz-Clarke et al., 1991; Morton et al., 1990). Он заключается в измерении тренировочного занятия в единицах-дозах физических усилий (Morton et al., 1990. С. 1172):

$$\text{TRIMPS (тренировочная нагрузка)} = t \times \text{Резерв ЧСС} \times e^{(\text{Резерв ЧСС} \times b)}$$

где Резерв ЧСС = (ЧСС трен. – ЧСС пок.)/(ЧСС макс. – ЧСС пок.), e – основание натурального логарифма ($\sim 2,718$), b равен 1,67 для женщин и 1,92 для мужчин. Весовой коэффициент b характеризует усредненный лактатный профиль женщин и мужчин. Использование этого метода ограничено необходимостью постоянно использовать в тренировках кардиомониторы. Кроме того, данная методика не может быть использована для квантификации силовых тренировок или субмаксимальных беговых нагрузок.

Целесообразно на основе лактатного профиля подбирать индивидуализированные коэффициенты, характеризующие взаимосвязь ЧСС и концентрации лактата для конкретного спортсмена (данные методы будут рассмотрены в следующем параграфе).

Метод обобщенных тренировочных зон

Рядом исследователей (Borresen and Lambert, 2008; Edwards, 1993) были использованы традиционные пять зон тренировочной интенсивности (см. таблица 1), основанные на различных значениях частоты сердечных сокращений. Каждой из зон присвоен свой весовой коэффициент, а ТРИМП

рассчитывается путем перемножения времени, проведенного в каждой из тренировочных зон на соответствующий коэффициент из таблицы.

Как было показано (Borresen and Lambert, 2008) использование данного метода по сравнению с субъективными оценками физической нагрузки использование в тренировочной практике большого объема низкоинтенсивных нагрузок недооценивает уровень физиологического стресса методом обобщенных зон по сравнению с субъективными оценками RPE. Сравнение же спортсменов, проводящих много времени в высокоинтенсивных тренировочных режимах, приводит к переоценке уровня тренировочной нагрузки методами с использованием ЧСС по сравнению с методами квантификации, основанными на использовании субъективных самооценок (Borresen and Lambert, 2008). К ограничениям данного метода следует отнести тот факт, что у разных субъектов анаэробный порог характерен для разных уровней ЧСС. Например, у одного спортсмена анаэробный порог наступает при ЧСС в 76% от максимальной, а у другого ЧСС анаэробного порога равна 83%. Выполнение 30 минутной нагрузки с интенсивностью в 78% принесет каждому из них одинаковое число очков ТРИМП (30 x 3), однако физиологический стресс будет существенно различаться.

Таблица 1

Очки, используемые в методе обобщенных тренировочных зон (Lambert, 2012), heart rate range – диапазон значений ЧСС, в % от ЧСС максимального, multiplied factor – весовой коэффициент

Heart rate range (% Heart rate max)	Multiplier factor
50-60	1
60-70	2
70-80	3
80-90	4
90-100	5

По мнению известного спортивного специалиста из Норвегии Stephen Seiler с точки зрения физиологических реакций имеют значения лишь 3 зоны интенсивности (2012):

- 1) до аэробного порога (у среднестатистического спортсмена концентрация лактата 2 млМ/л)
- 2) смешанная зона (между аэробным порогом и анаэробным порогом, лактат 2–4).
- 3) после анаэробного порога (>4 лактат).

Каждой зоне присваивается коэффициент (1,2,3, например). Время проведенной в каждой зоне (информация доступна в современных спортивных кардиомониторах – Polar, Garmin, Ciclosport и др.) умножается на коэффициент и складывается. Это и есть тренировочная нагрузка по модифицированному методу обобщенных тренировочных зон. Другое название численных оценок тренировочной нагрузки, полученных на основе трех зон, получило название Lucia's ТРИМП (Earnest et al., 2004; Foster et al., 2001a; Impellizzeri et al., 2004; Lucia et al., 2003).

Альтернативный подход к измерению времени, проведенного в разных зонах интенсивности получил название «метод тренировочной цели» (session-goal method) и был предложен в работе норвежского специалиста Стефана Сейлера (Stephan Seiler) (Seiler and Kjerland, 2006). В отличие от подхода, основанного на импорте тренировочных данных со спортивных кардиомониторов, в методе тренировочной цели каждому тренировочному

занятию (или части занятия, например, интервальной работе, разминке-заминке) присваивается соответствующий номер, исходя не из фактически накопленного времени в зоне, а исходя из цели, поставленной тренером по проведению тренировочного занятия или его части в целевой зоне интенсивности. Сравнительный анализ, произведенный в данной работе, показал, что данные два метода дают различные оценки времени, проведенном спортсменом в зонах интенсивности. Это связано, во-первых, с инерцией в реакции сердечнососудистой системы на возрастание интенсивности. Во-вторых, на субмаксимальных скоростях небольшой продолжительности, ЧСС уже перестает быть валидным измерителем степени тренировочного стресса, испытываемого спортсменом.

Сопоставления значений ТРИМП для спортсменки группы выносливости, получаемых различными методами можно увидеть на рисунке 1.

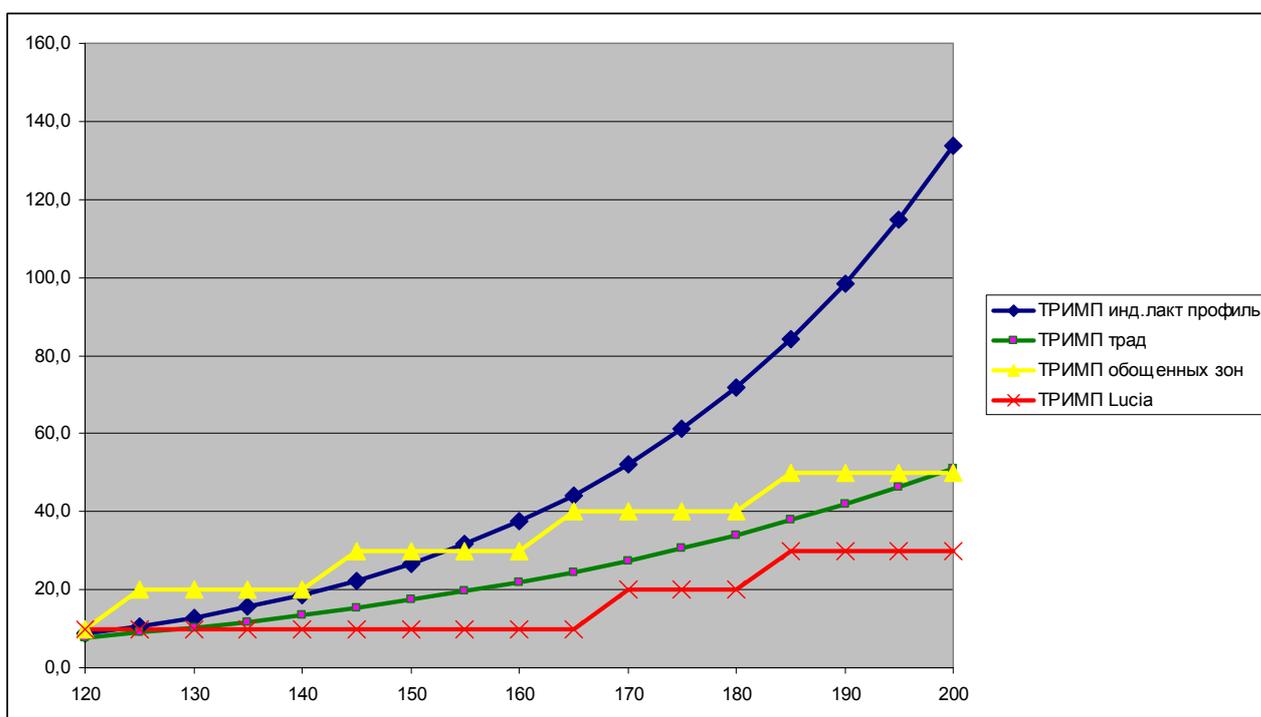


Рисунок 1 – Графическая иллюстрация четырех методов расчета ТРИМП

Ограничением данного основного и обобщенного метода тренировочных зон является использование линейной зависимости весовых коэффициентов от ЧСС, что не совсем верно отражает физиологические реакции на скоростях выше, чем анаэробный порог (Stagno et al., 2007). Кроме того, подбор весовых коэффициентов носит субъективный характер. Наконец, весовые коэффициенты характеризуют некоторый диапазон интенсивностей, описываемых ЧСС. Между тем нагрузка в начале зоны и в конце зоны, очевидно, сопряжена с несколько разными уровнями физиологического стресса (Borresen and Lambert, 2008), однако величина измеряемой тренировочной нагрузки будет одинаковой. В тоже время рост среднего ЧСС за тренировку на один удар в минуту может перевести всю тренировку из одной зоны в другую, более высокую (и время тренировки получит больший весовой коэффициент). Однако с физиологической точки зрения данные тренировочные нагрузки практически идентичны.

Общим недостатком всех подходов, использующих методику тренировочных импульсов, также является сведение тренировочной нагрузки к одному числу, безотносительно к энергетической системе, задействованной в выполнении тренировочной или соревновательной работы. Скажем, бег на 3 км с невысокой интенсивностью может дать 15 ТРИМПС для некоторого спортсмена. Такое же количество ТРИМПС, что и соревновательный бег на 1500 м (Taha and Thomas, 2003). Данный метод не учитывает специфические тренировочные эффекты, связанные с энергетическими системами. Тем не менее, данная группа методов получила широкое распространение как основной метод измерения тренировочной и соревновательной нагрузки.

3. Рекомендации по квантификации тренировочной нагрузки на основе индивидуального лактатного профиля

Изначально разработанный Е.У. Банистером подход к измерению тренировочной нагрузки, опирается на усредненные данные по популяции спортсменов, в частности данным коллективом исследователей используются весовые коэффициенты, отражающие зависимость концентрации лактата в крови от частоты сердечных сокращений (Borresen and Michael Ian, 2009).

В предыдущем параграфе на графике и таблице, сопоставляющие различные методы расчета ТРИМП, можно увидеть, что индивидуализированные тренировочные импульсы (TRIMPS) лучше отражают тренировочную нагрузку, особенно для нагрузок высокой интенсивности. Данный факт подтверждают недавние исследования (Manzi et al., 2009a; Manzi et al., 2009b).

Изначально методика расчета индивидуализированных ТРИМПС была разработана для спортсменов-бегунов (Manzi et al., 2009b). Она включает в себя построение лактатного профиля в ходе ступенчатого теста на беговой дорожке (см. рисунок 2)

Скорость беговой дорожки увеличивается на 1 км в час каждые 5 минут. В конце каждой пятиминутной ступени идет забор образца капиллярной крови для измерения концентрации лактата. Кроме того, исследуемый спортсмен оснащен спортивным кардиомонитором, показания которого в конце каждой ступени также фиксируются. После того, как концентрация лактата превысила 4 миллимоль на литр начинается тест до отказа. Ведь после прохождения расчетного анаэробного порога стационарные значения лактата и частоты сердечных сокращений больше не достигаются. Идет прогрессивное накопление лактата и сердечный дрейф. Значит, единственное, что можно получить на более высоких скоростях – это

значение максимального ЧСС и максимальной концентрации лактата. Скорость беговой дорожки увеличивается каждые 30 секунд на 0,5 километра в час до тех пор, пока спортсмен оказывается не в состоянии продолжать тест. После этого фиксируется максимальное ЧСС, а после 3-х минутной паузы берется последний образец крови для измерения максимальной концентрации лактата. Полученные значение переводятся в табличную и графическую форму (см. рисунок 1). Данные тестирования аппроксимируются к экспоненте (методом наименьших квадратов). Полученные коэффициенты используются в качестве параметров для расчета ТРИМПС спортсмена.

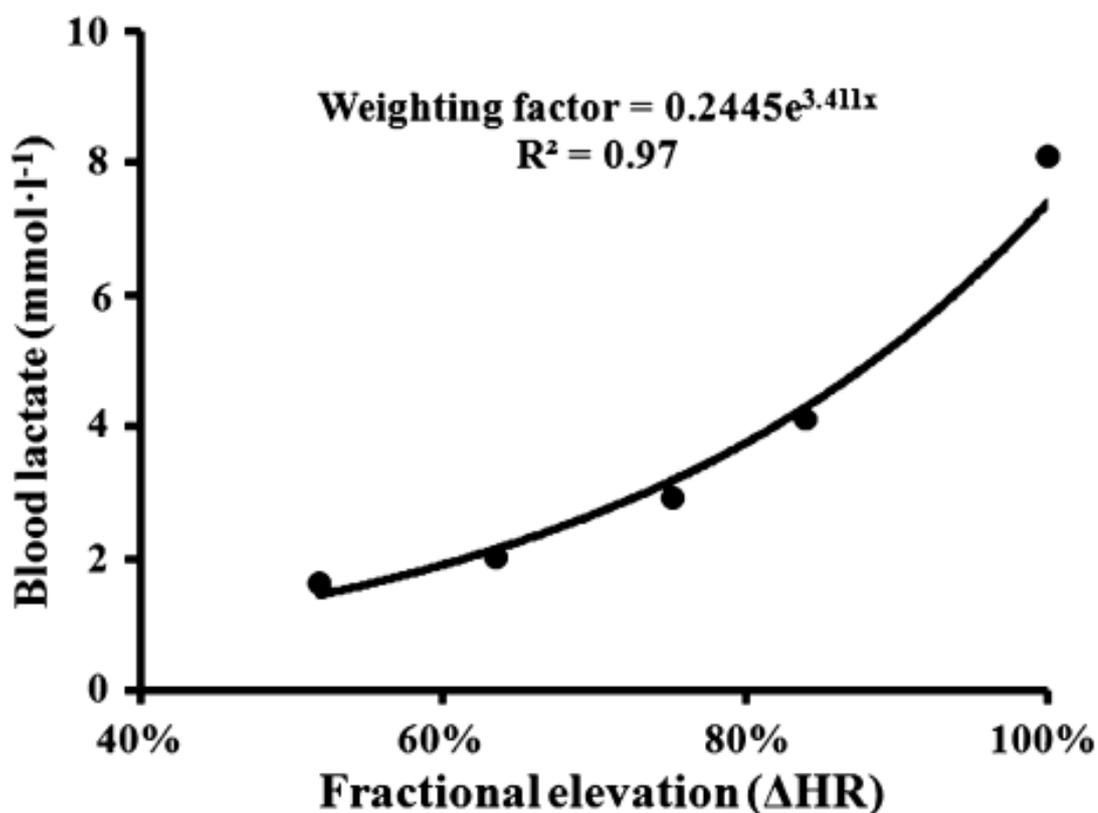


Рисунок 2 - Пример индивидуального лактатного профиля, полученного в ходе лабораторного тестирования спортсмена (Manzi et al., 2009b. С. 2092), Blood lactate – лактат в крови, weigthing factor – весовой коэффициент, fractional elevation – резерв частоты сердечных сокращений

Аппроксимация лактатной кривой возможна полиномом третьей степени (Cheng et al., 1992; Fabre et al., 2010b; Faude et al., 2009; McMorris et al., 2000), а также экспоненциальной кривой вида:

$$y = ae^{bx},$$

где y – расчетная концентрация лактата в крови, x – резерв ЧСС, a и b – параметры, подбираемые методами наименьших квадратов.

Расчет ТРИМП на основе индивидуального лактатного профиля осуществляется по традиционной формуле (Borresen and Michael Ian, 2009):

$$\text{TRIMPS} = txy,$$

где t – время тренировочного занятия в минутах, x – резерв ЧСС, y – поправочный коэффициент, рассчитанный по формуле выше.

Пример использования данной методики для элитного спортсмена (см. таблица 2)

Таблица 2

Пример расчета коэффициентов для индивидуализированного ТРИМП в ходе лактатного теста на беговой дорожке (угол наклона 10,5%)

Скорость беговой дорожки, км/час	ЧСС, ударов/мин	Резерв ЧСС	Расчетное значение лактата, ммол/л	Фактическая концентрация лактата в крови, ммол/л	Квадрат разницы
8	143	0,66	1,6	2,2	0,327019
9	157	0,75	2,5	2,4	0,013239
10	169	0,83	3,6	3,3	0,094093
11	179	0,90	4,8	4,6	0,055951
14	189	0,97	6,5	6,7	0,062205

Минимизация суммы квадратов отклонений дала два коэффициента $a = 0,280647660379759$ и $b = 3,27701043428428$. В случае часового

тренировочного занятия с ЧСС 160, традиционный ТРИМП составит 156,3 единиц, а индивидуализированный – 112,1. Т.е. традиционный ТРИМП для данного спортсмена переоценивать физиологический стресс, испытываемый его организмом на низких и средних интенсивностях. Однако в случае высокой интенсивности (10 минут с средним ЧСС 190), данная разница уже будет минимальна: ТРИМП индивидуальный примет значение – 50,8 (традиционная формула для мужчин – 52,5). Данный факт показывает значимость использования индивидуализированных ТРИМП. Коэффициенты, используемые в традиционной формуле разработаны для среднестатистического человека, а конкретный спортсмен может испытывать большие или меньшие уровни стресса на разных уровнях интенсивности по другому.

В работе (Stagno et al., 2007) аналогичный протокол был использован для получения индивидуализированных ТРИМП для команды хоккея на траве. Новизна подхода состоит в том, что усредненный лактатный профиль команды позволяет получить модифицированную формулу ТРИМП для нескольких игроков. И в дальнейшем есть возможность использовать данную формулу для спортсменов, представителей данного игрового вида спорта со сходным уровнем развития.

Однако более значимым достижением указанной работы является использование проделанных с лактатным профилем расчетов для формулировки модифицированного метода обобщенных зон. В частности таблица весовых коэффициентов для каждой из зон интенсивности у игроков данной команды выглядит следующим образом (см. таблица 3).

Таблица 3

Зоны интенсивности (ЧСС), корреспондирующиеся с весовыми коэффициентами, полученными из расчетов по лактатному профилю (Stagno et al., 2007)

Zone	% Maximal heart rate	Weighting
5	93–100	5.16
4	86–92	3.61
3	79–85	2.54
2	72–78	1.71
1	65–71	1.25

Zone – номер зоны, % maximal heart rate – процент ЧСС, weighting – весовой коэффициент

Использование индивидуализированных ТРИМП в качестве средства мониторинга тренировочных нагрузок требует проведение специальных лактатных тестов, а также регулярного использования методов пульсометрии. Однако преимущества данного метода значимы – ведь получаемые числа значительно лучше измеряют дозу нагрузки, испытываемую конкретным спортсменом, так как лучше отражают физиологический запрос для каждого уровня интенсивности.

4. Рекомендации по квантификации тренировочной нагрузки на основе индивидуального профиля потребления кислорода

В ряде работ (Busso et al., 1994; Busso et al., 1991; Busso et al., 1997; Busso et al., 1990; Busso et al., 1992) был предложен метод измерения нагрузки, основанный на таких физиологических особенностях спортсмена, как индивидуальный уровень потребления кислорода в различных тренировочных режимах. Например, если спортсмен, который имеет максимальное потребление кислорода (МПК) на уровне 5 литров в минуту, произвел тренировку с интенсивностью 80% МПК в течение 40 минут, то его тренировочная нагрузка может быть рассчитана по следующей формуле (Taha and Thomas, 2003):

$$0,8 \times 5.0 \text{ литров/мин.} \times 45 \text{ минут} = 180 \text{ литров потребленного кислорода}$$

Однако использование тренировок с газоанализаторными устройствами в лаборатории или в естественных тренировочных условиях с портативным газоанализаторным прибором затруднительно и дорого. Существует два метода разрешения этой проблемы.

1. В работе (Swain and Leutholtz, 1997) было обнаружено, что резерв ЧСС хорошо соотносится с резервом потребления кислорода. Значит можно использовать данные пульсометрии для того, чтобы оценить уровень потребления кислорода, соответствующий разным значениям резерва ЧСС.

Пример. Спортсменка имеет максимальное потребление кислорода на уровне 3,8 литров в минуту, базальный уровень метаболизма обычно требует 0,5 литров в минуту (можно брать за основу данный среднестатистический уровень потребления кислорода в покое, но можно в лабораторных условиях провести прямые измерения). Максимальное ЧСС

спортсменки – 201 удар в минуту, а в состоянии покоя – 65 ударов в минуту. 30-минутная нагрузка, выполненная со средней ЧСС в 170 ударов в минуту дает 76% резерва ЧСС. Мы предполагаем (вслед за исследователями в процитированной выше работе), что и резерв потребления кислорода также составит 76%. Вычислим абсолютный уровень потребления кислорода по формуле (Swain and Leutholtz, 1997):

$$\text{Резерв ПК} = \frac{ПК_{\text{трени.}} - ПК_{\text{покое}}}{МПК - ПК_{\text{покое}}} \cdot 100\% ,$$

$$76\% = \frac{ПК_{\text{трени.}} - 0,5}{3,8 - 0,5} \cdot 100\%$$

Значит, абсолютный уровень потребления кислорода составит ~ 3,0 литра в минуту = 0,76 x (3,8 – 0,5) + 0,5. Умножив данную величину на время тренировки, получим, что тренировочная нагрузка составила 90 литров потребленного кислорода (3.0 л/мин x30 минут).

2. Вторым методом заключается в построении индивидуального профиля потребления кислорода в координатной системе потребление кислорода-резерв ЧСС (см. рисунок 3) по данным ступенчатого нагрузочного теста с газоанализом. Синие точки соответствуют значениям потребления кислорода для разных уровней резерва ЧСС, а черная линия – это аппроксимирующая кривая.

Наилучшая аппроксимация получается при использовании экспоненциальной зависимости вида:

$$y = ae^{bx} ,$$

где y – это расчетное значение величины потребления кислорода, x – резерв ЧСС, a и b – это параметры, описывающие конфигурацию экспоненциальной кривой, а e – основание натурального логарифма.

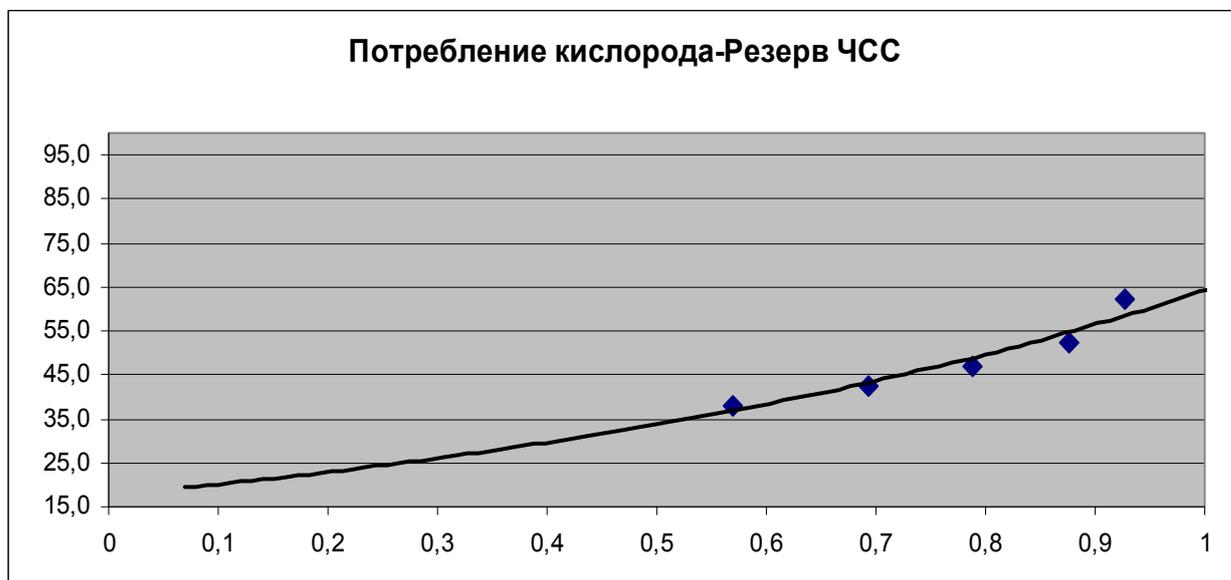


Рисунок 3 – Пример индивидуального профиля потребления кислорода, по вертикальной оси отложены уровни потребления кислорода (мл/мин/кг), по горизонтальной оси – резерв ЧСС

Вывод формулы, описывающей аппроксимирующую кривую целесообразно осуществить с использованием метода наименьших квадратов (см. таблицу 4).

Таблица 4

Пример расчета индивидуального профиля потребления кислорода

ЧСС, уд/мин	Резерв ЧСС	Расчетное значение потребления кислорода, мл/мин/кг	Фактическое значение потребления кислорода в мл/мин/кг	Квадрат разницы
144	0,57	35,4	38,0	6,594228
161	0,69	43,4	42,6	0,626882
174	0,79	49,5	47,1	5,938386
186	0,88	55,3	52,5	7,587022
193	0,93	58,6	62,3	13,61737

Минимизация суммы квадратов разницы между расчетным и фактическим значением потребления кислорода на разных уровнях интенсивности (ЧСС) позволяло получить следующие значения параметров экспоненты: $a = 60,6869159110999$, $b = 0,0441939507890302$.

Для ЧСС = 170 в указанном примере уровень потребления кислорода составит 47,6 мл/мин/кг или 2,9 л/мин. А тренировочная нагрузка 30 минутного бега (ЧСС 170) составит 87 литров кислорода.

Хотя описание нагрузки с невысокой интенсивностью дает сходные величины, второй подход представляется несколько более перспективным. Причина заключается в появлении нелинейности в потреблении кислорода на нагрузки с высокой интенсивностью (появляется так называемый медленный компонент кинетики потребления кислорода (Billat et al., 1998; Borrani et al., 2001; Cannon et al., 2011; Demarie et al., 2008; Grassi et al., 2011; Jones et al., 2011; Marles et al., 2007; Poole and Jones, 2011; Vanhatalo et al., 2011; Xu and Rhodes, 1999; Zoladz et al., 2008)). А подход, основанный на использовании величин резерва ЧСС для оценки величины потребления кислорода (и последующей оценки величины тренировочной нагрузки) использует линейную зависимость.

В работах Тьерри Буссо (Busso et al., 2002) был предложен также и метод квантификации нагрузки, основанный на доле фактической мощности от максимальной аэробной мощности, которая может быть поддержана в течение 5 минут. Для измерения этой величины предпринимались два теста: классический нагрузочный тест для определения максимального потребления кислорода, и мощности, которая ей соответствует, а также тест, направленный на измерение максимальной аэробной мощности, которая может быть поддержана спортсменом в течение 5 минут (Plim5). Для количественного исчисления нагрузки (и последующего использования в моделировании адаптационных процессов) разминка, заминка и восстановительная нагрузка (например, между нагрузочными интервалами)

не учитывалась при исчислении тренировочных доз (Busso et al., 2002). Мощности, которая соответствует 100% максимальной аэробной мощности, поддерживаемой в течение 5 минут (P_{lim5}), присваивалось значение в 100 единиц. И в дальнейшем каждой пятиминутной нагрузке, которая выполнялась в определенной зоне интенсивности (в процентах от P_{lim5}) присваивались очки, соответствующие фактической интенсивности по следующей формуле (Busso et al., 2002):

$$w = \frac{P_{fact}}{P_{lim5}} \times 100\%$$

где P_{fact} – это фактическая мощность 5 минутного отрезка тренировки.

Приведем примеры использования данной формулы. Спортсмен выполнил скоростную нагрузку в течение 6 интервалов, каждый из которых длился 5 минут и происходил с интенсивностью 90% от P_{lim5} . В этом случае тренировочная доза составит $w = 6 \times 90 = 540$ тренировочных единиц. Выполнение непрерывной часовой нагрузки с интенсивностью в 60% от P_{lim5} дает $12 \times 60 = 720$ тренировочных единиц.

Сходный метод был использован в работе (Busso et al., 1997). Тренировочная нагрузка описывалась как время тренировки, умноженное на интенсивность. Шкала использует 5 минут на уровне максимальной аэробной емкости как эталонные 20 единиц нагрузки. Интенсивность выражалась в процентах от максимальной аэробной мощности. Например, 8 минут нагрузки с 95% от максимальной аэробной емкости даст $8/5 * 0,95 * 20 = 30,4$ очка.

Еще одна методика использует методы, основанные на измерении потребления кислорода после завершения упражнения (Rusko et al., 2003).

По завершению выполнения физической нагрузки возврат к базальному уровню потребления кислорода происходит не мгновенно, а по

некоторой кривой. Величина потребления кислорода после завершения нагрузки (ЕРОС) зависит от уровня утомления, достигнутого в ходе выполнения физической нагрузки (Bangsbo et al., 1990; Losnegard et al., 2012b; Noordhof et al., 2010; Stirling et al., 2005). Следовательно, использование ЕРОС в качестве измерителя тренировочной нагрузки в видах спорта на выносливость вполне оправдано. Однако прямые измерения величины ЕРОС возможны только с использованием газоанализаторных технологий, мало применимых в повседневной тренировочной и соревновательной деятельности элитных спортсменов.

В работе (Rusko et al., 2003) был предложен непрямой метод измерения ЕРОС на основе записи RR-интервалов.

В отличие от методов ТРИМП и RPE, использование ЕРОС метода строго отражает кумулятивным образом физиологические процессы, происходящие в организме спортсмена за все тренировочное занятие (в отличие, скажем, от измерений лактата, которые отражает лишь конкретную ситуацию в тренировочном занятии). Формула, используемая для количественной оценки уровня накопленного физиологического стресса в организме спортсмена такова (Jobson et al., 2009):

$$EPOC_{(t)} = f(EPOC_{(t-1)}, \% \dot{V}O_{2max}, \Delta t)$$

где ЕРОС в момент времени t оценивается с использованием переменной текущей интенсивности (%МПК - %VO_{2max}), ЕРОС в предыдущий момент времени, а также времени (Δt - разницей между двумя последовательными замерами).

Таблица 5

Корреляция между расчетным и фактическим значением ЕРОС для трех протоколов физической нагрузки (Rusko et al., 2003)

	п	г	р	MAE
40% + 70% + Max. exerc.	76	0.889	0.001	0,96
40% + 70% exercises	49	0.424	0.01	0,85
Maximal exercise	27	0,612	0.001	1,17

Использование метода, основанного на расчетных значениях ЕРОС, в качестве измерителя тренировочной нагрузки представляется перспективным. Однако его апробация представлена пока лишь в одной работе, опубликованной в международных научных журналах, и одной группой из 32 испытуемых для непродолжительного тренировочного протокола. Требуются дополнительные исследования для того, чтобы подтвердить валидность используемого метода непрямой оценки ЕРОС, в т.ч. в разных видах спорта и со спортсменами разных уровней мастерства.

Другие методы, представленные в данном разделе, уже апробированы в спортивной практике и их использование для мониторинга уровней тренировочной нагрузки, ее динамики вполне оправдано. Использование методов измерения тренировочной нагрузки на основе идей, связанных с потреблением кислорода, связано с необходимостью использования периодических тестов с газоанализаторным оборудованием. На сегодня такие приборы постепенно удешевляются, и даже центры тестирования работающие со спортсменами регионального и локального уровня мастерства, оснащаются данным оборудованием. А значит, что не только специалистам сборных команд России, но и тренерам, работающих в регионах, данная группа методов становится доступной для регулярного использования.

5. Рекомендации по квантификации тренировочной нагрузки с использованием уровней воспринимаемого напряжения (RPE)

В попытке упростить измерение тренировочной нагрузки исследователь Карл Фостер (Foster et al., 1996; Foster et al., 2001a) предложил использовать показатель Session RPE без использования кардиомониторов. Данный метод базируется на шкале от 0 до 10 (см. таблицу 6) или на шкале Борга от 6 до 20 (см. таблицу 7). Возможно использование и других шкал, однако данные два метода получили в спорте наибольшее распространение. Числовые значения отражают восприятие спортсменом своих усилий во время тренировки (соревновании). Оценка тренировочного занятия (или составных частей тренировочного занятия – разминка, основная часть, заминка и т.п.) должна быть произведена спортсменом в течение 30 минут после завершения тренировки (или соревнования) (Seiler, 2012).

$$\text{Тренировочная нагрузка} = \text{Продолжительность} \times \text{Session RPE}$$

где t – продолжительность тренировки в мин, Session RPE – соответствующее число из таблицы 6 или 7.

К. Фостер сопоставил оценки метода обобщенных тренировочных зон и RPE-session метода и пришел к выводу, что данные два подхода к измерению тренировочной нагрузки дают довольно различающиеся результаты (Foster et al., 2001a). В ходе дальнейших исследований метод показал свою высокую валидность и пригодность для измерения тренировочной нагрузки (Herman et al., 2006).

Одна из модификаций метода заключается в RPE оценки тренировки в целом, а не отдельных интервалов, заминок и т.п. (Foster et al., 1995)

Помимо видов спорта на выносливость, данный метод был успешно апробирован в футболе (Impellizzeri et al., 2004), гребле (DellaValle and Haas, 2013), а также некоторых других видов спорта (Borresen and Michael Ian, 2009).

Таблица 6

RPE-шкала (Impellizzeri et al., 2004. С. 1044)

Балл	Уровень воспринимаемого напряжения (RPE)
0	Отдых
1	Очень легко
2	Легко
3	Средне
4	Немного тяжело
5	Тяжело
6	
7	Очень тяжело
8	
9	Очень-очень тяжело
10	Запредельная тренировка (или соревнование)

Данный метод дает схожие оценки тренировочной нагрузки в сравнении с такими подходами, основанными на использовании кардиомониторов: в работе (Borresen and Michael Ian, 2009) была найдена корреляция между ТРИМП и session RPE $r=0.76$. Session RPE-метод может быть также использован и для силовой тренировки, высокоинтенсивных интервалов и плиометрических упражнений (Day et al., 2004; Egan et al., 2006; Foster, 1998; Foster et al., 1996; Foster et al., 2001b; McGuigan et al., 2004; Singh et al., 2007; Sweet et al., 2004). Тем не менее, существуют вопросы, связанные с сопоставимостью аэробной и силовой тренировочной нагрузки в данной методике. Исследование международного коллектива физиологов

(Impellizzeri et al., 2004) показало, что RPE-метод не может заменить методы на основе частоты сердечных сокращений. Кроме того, RPE-оценка усилий может существенно различаться для разных мышечных групп. Это объясняется тем, что напряжение воспринимается как более серьезное, если вовлечена большая мышечная масса (следовательно, больше метаболический запрос), больше амплитуда движений или число сочленений, участвующих в движении. Если тренировка разбита на несколько серий, то также может существовать различие в RPE-оценках разных серий при одинаковой интенсивности выполняемых упражнений (Day et al., 2004; Sweet et al., 2004).

Таблица 7

Альтернативная RPE-шкала («шкала Борга») (Kentä and Hassmen, 1998. С. 10)

Балл	Уровень воспринимаемого напряжения (RPE)
6	
7	Очень-очень легко
8	
9	Очень легко
10	
11	Довольно легко
12	
13	Немного тяжело
14	
15	Тяжело
16	
17	Очень тяжело
18	
19	Очень-очень тяжело
20	

Наконец, следует заметить, что индивидуальные ощущения нагрузки зависят от сложного сочетания различных факторов (Lambert and Borresen, 2006), включая концентрацию гормонов (напр., катехоламинов), концентрацию субстратов (напр., глюкозы, гликогена, лактата), особенностей личности, интенсивности дыхания, погодных условий, физиологического состояния спортсмена и т.д. Это также лимитирует использование RPE-методики для тренировочной нагрузки.

Несмотря на указанные ограничения, методы квантификации на основе субъективно воспринимаемого уровня напряжения успешно адаптированы в практике элитных спортсменов разных видов спорта.

Методики, основанные на использовании частоты сердечных сокращений, более объективны. Однако в случаях, когда использование кардиомонитора невозможно или когда используются разнообразные тренировочные средства, RPE-методика дает неплохую картину.

6. Квантификация тренировочной нагрузки на основе критической скорости

В данном разделе анализируется сравнительно молодое направление (Busso et al., 2002; Hayes and Quinn, 2009), в рамках которого предлагается квантифицировать тренировочную нагрузку с использованием концепции критической скорости.

Модели критической скорости (мощности) занимают важное место в структуре современного спортивного знания (Billat et al., 1999a; Chidnok et al., 2012; Clark et al., 2013; Clarke and Skiba, 2013; Dekerle et al., 2006; di Prampero, 1999; Hill, 1993; Hugh Morton, 1996; Jones et al., 2010; Moritani et al., 1981; Morton, 2006; Morton and Billat, 2004; Prampero et al., 2008; Smith and Jones, 2001).

В исследовании (Monod and Scherrer, 1965) была впервые замечена гиперболическая взаимосвязь между уровнем постоянной мощности (P) и соответствующим временем до отказа (t) в отдельной мышечной группе. Данная взаимосвязь в случае, когда мы измеряем не мощность, а общее количество работы (W) приобретает линейную зависимость. Пересечение этой линии с координатной осью получило название «анаэробная ёмкость» (AWC), а тангенс угла наклона стал называться «критической мощностью» (CP, или иногда вводится обозначение P_c). Математически это можно записать как (Morton, 2006):

$$W = AWC + CP \times t$$

или

$$t = AWC / (P - CP)$$

В работе (Moritani et al., 1981) данный подход был расширен для велоэргометрии (т.е. упражнения, где задействуется несколько мышечных групп). В дальнейшем в статье (Hill, 1993) была предложена концепция «критической мощности» для организма в целом.

Существенное усиление модели критической мощности было осуществлено путем добавления третьего параметра – максимальной мощности (скорости) (Billat et al., 1999a):

$$CP + (P_{\max} - CP)(AWC - (P - CP)t - CP\tau(1 - e^{-t/\tau}))/AWC = P$$

где t – время до отказа, P_{\max} – максимальная мощность.

Преобразовав формулу, получим:

$$t = AWC/(P - CP) + AWC/(CP - P_{\max}) - CP\tau(P - CP)$$

По сравнению с базовой моделью на время до отказа оказывают влияние еще два вычитаемых. При пренебрежении кинетикой потребления кислорода ($\tau = 0$ кинетика становится бесконечно быстрой) мы получаем классическую трехпараметровую модель критической мощности (скорости) (di Prampero, 1999):

$$t = \frac{AWC}{P - CP} + \frac{AWC}{CP - P_{\max}}$$

Метод квантификации тренировочной нагрузки, излагаемый в этом разделе, основан на трехкомпонентной модели критической скорости (мощности). Основная особенность заключается в стремлении использовать индивидуализированную биоэнергетическую модель для квантификации

тренировочной нагрузки. Величина ТРИМП зависит от индивидуальных значений критической и максимальной скорости. Данные параметры получаются в результате серии прикидок (бега до отказа) на различных дистанциях. В легкой атлетике спортсмены участвуют в официальных или тестовых соревнованиях на смежных дисциплинах. Задача спортсмена – бежать на результат, а не проводить тактическую гонку. Результаты, показанные в ходе соревнований, вводятся в модель в качестве переменных, например, T_{800} , T_{1500} , T_{3000} – для результатов на 800, 1500 и 3000 м соответственно (Billat et al., 2009; Billat et al., 1999b).

Для измерения максимальной скорости может использоваться и бег с ходу на 20-50 метров с электронной или ручной секундометрией. Рекомендуется провести тест на максимальную скорость 2-3 раза для достижения достоверных результатов.

В случае двух тестирований до отказа (или двух результатов с контрольных соревнований или прикидок) для вычисления критической скорости по модели с тремя параметрами следует воспользоваться такой формулой:

$$S_c = \frac{S_m \left(\frac{T_1}{T_2} S_1 - S_2 \right) - S_1 S_2 \left(\frac{T_1}{T_2} - 1 \right)}{S_m \left(\frac{T_1}{T_2} - 1 \right) - \frac{T_1}{T_2} S_2 + S_1},$$

где S_c – критическая скорость, S_1 – средняя скорость, достигнутая в первой прикидке (тесте до отказа при заданной скорости), S_2 – средняя скорость, достигнутая во второй прикидке (тесте), S_m – максимальная скорость спортсмена, все скоростные показатели выражены в м/с, T_1 – время первой прикидки в секундах, T_2 – время второй прикидки в секундах.

Измерение анаэробной емкости (в случае бега на выносливость в легкой атлетике) подставляется найденное значение критической скорости в формулу:

$$D' = \frac{T_i (S_i - S_c)(S_c - S_m)}{S_i - S_m},$$

где $i = \overline{1,2}$ - номер прикидки (соревнования).

Помимо указанной процедуры с тестами (прикидками, соревнованиями) до отказа существует так называемый трехступенчатый тест. Изначально разработанный для велосипедных видов спорта данный тест позволяет оценить объемы анаэробной емкости, а также величину критической скорости (мощности) по тесту, который длится 3 минуты.

Графическое представление методики, ориентированной на бегунов на выносливость, можно увидеть на рисунке 4.

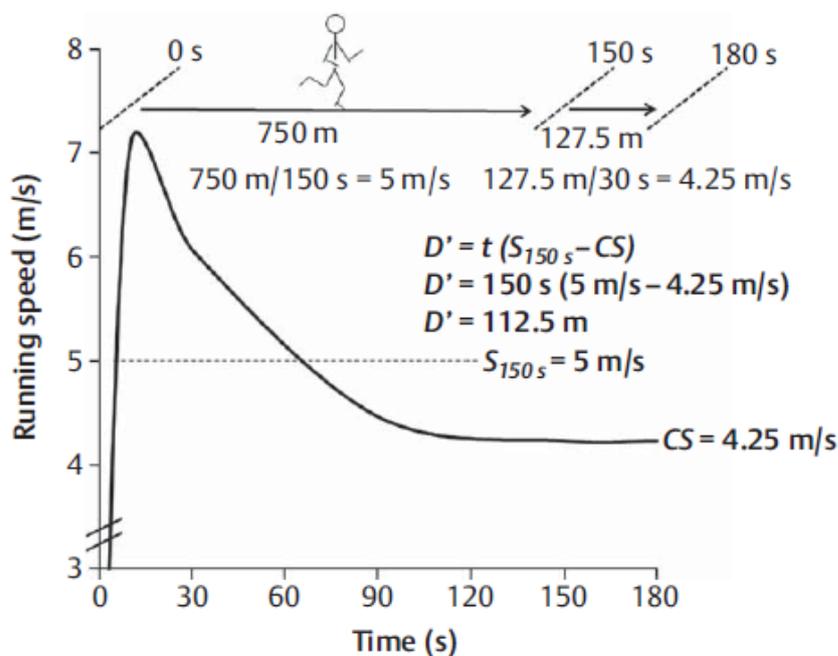


Рисунок 4 – Трехминутный тест для репрезентативного бегуна (Pettitt et al., 2012), time – время в секундах, Running speed – скорость бега, в м/с

Спортсмен для выполнения теста использует бег с GPS-устройством при беге по стандартному легкоатлетическому стадиону. Тест заключается в необходимости развить максимальную скорость с самого старта и стараться поддерживать ее как можно дольше. При этом будет происходить постепенно снижение скорости бега, и после 2 минут 30 секунд скорость выйдет на уровень критической скорости. Замеренная GPS-устройством средняя скорость на последних тридцати секундах бега и составит искомую критическую скорость.

Обычно для расчета анаэробной емкости следует воспользоваться формулой (Pettitt et al., 2012):

$$D' = t(S_{150s} - CS')$$

где S_{150} – это средняя скорость бега на первых 150 секундах бега, а t – это время, за которое измерена скорость (150 секунд).

В графическом примере критическая скорость спортсмена составила 4,25 м/с, а скорость бега на первых 150 секундах была 5,0 м/с. Подставив данные значения в приведенную выше формулу легко сосчитаем, что анаэробная емкость $D' = 150 \times (5,00 - 4,25) = 112,5$ м

Существует и метод вычисления критической скорости и анаэробной емкости из данных трехминутного теста, основанный на линейном регрессионном анализе (см. рисунок 5). Полученные в результате тестирования две точки, одна из которых получена на отсечке 150 секунд от начала теста (вертикальная ось обозначает преодоленное расстояние, а горизонтальная ось – время от начала теста). Вторая точка берется в конце теста.

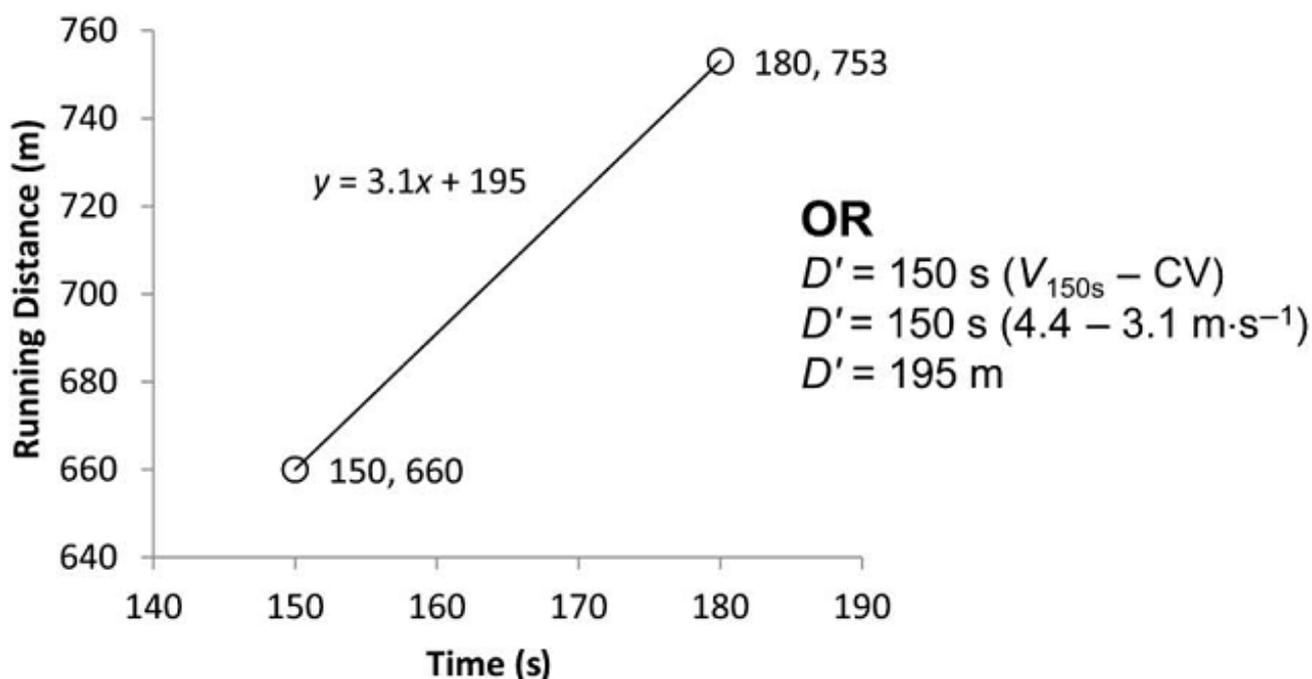


Рисунок 5 – Пример использования методов линейного регрессионного анализа для (Clark et al., 2013)

Однако данные два метода были разработаны для двухкомпонентной модели критической скорости. Однако протокол трехминутного теста может быть использован и для измерения ключевых коэффициентов модели критической скорости с тремя параметрами. Максимальная скорость (новый параметр модели критической скорости) измеряется посредством GPS-устройства. В указанном выше графическом примере максимальная скорость, развитая спортсменом, приблизительно равна 7,2 м/с. Критическая скорость также берется как средняя скорость на последних 30 секундах бега. Формула для расчета анаэробной емкости выглядит следующим образом:

$$D' = \frac{T(S - S_c)(S_c - S_m)}{S - S_m}$$

Использование данной формулы для приведенного выше примера дает нам следующую величину анаэробной емкости ~ 151 м.

В дальнейшем изложении будем использовать формулы и системы обозначений, введенных в работе (Hayes and Quinn, 2009):

n	Число повторений в одном сете
m	Число сетов в одной тренировке
v_{max}	Максимальная скорость спортсмена, измеренная в ходе специального теста
v_{crit}	Критическая скорость спортсмена, рассчитанная на основе модели критической скорости с тремя параметрами по одной из изложенных выше методик
τ_{effort}	Время одного повторения
D_{act}	Фактическая дистанция, преодоленная спортсменом во время одного повторения
v_{act}	Фактическая средняя скорость во время одного повторения
D_{opt}	Оптимальная дистанция бега со временем τ_{effort} , рассчитанная на основе модели критической скорости с тремя параметрами
v_{opt}	Оптимальная скорость повторного бега со временем одного отрезка τ_{effort} , рассчитанная на основе модели критической скорости с тремя параметрами
$v_{cut-off}$	Пороговая скорость спортсмена, бег ниже которой считается передвижением с нулевой интенсивностью
τ_{rec}	Время восстановительного интервала между повторениями
v_{rec}	Средняя восстановительная скорость во время восстановительного интервала между повторениями
σ_1	Параметр восстановления, зависящий от v_{rec}
σ_2	Параметр отдыха, зависящий от v_{rest}
τ_{rest}	Время отдыха между сериями (сетами)
v_{rest}	Скорость отдыха между сериями (сетами)
<i>Repetition</i>	Тренировочные усилия, выполняемые на заданной дистанции

	несколько раз
<i>Set</i>	Сгруппированные повторы, разделенные периодом восстановления
<i>Recovery</i>	Период сниженной интенсивности или пассивного отдыха во время между повторами
<i>Rest</i>	Период сниженной интенсивности или пассивного отдыха во время между сетами (сериями)
<i>W</i>	Величина тренировочной нагрузки ТРИМП
<i>I</i>	Относительная интенсивность тренировочного занятия
<i>C</i>	Концентрация тренировочного занятия
<i>D</i>	Дистанция, преодоленная за тренировочное занятие
<i>q_D</i>	Индекс качества повторного ускорения

Оптимальная скорость рассчитывается по формуле:

$$v_{opt} = D_{opt} / \tau_{effort}$$

Величина ТРИМП зависит от индивидуальных значений критической и максимальной скорости. Кроме того, квантифицируемая тренировочная нагрузка зависит от типа тренировочного занятия, его интенсивности, типов использования отдыха и интенсивности отдыха в случае интервальной тренировки.

Величина ТРИМП рассчитывается по следующей формуле:

$$W = I \times C \times D \tag{6.1}$$

Расчет величин интенсивности, концентрации и дистанции является ключевым для определения численной величины нагрузки.

Индекс качества тренировочного повтора зависит от того, насколько близко спортсмен преодолел нагрузочный интервал к своей оптимальной скорости:

$$q_D = \frac{v_{act}}{v_{opt}}$$

для $v_{act} \leq v_{opt}$. Следовательно, результат, эквивалентный лучшему для спортсмена будет описываться случаем $q_D = 1$.

Поправочный член принимает вид:

$$\frac{v_{act} - v_{crit}}{v_{max} - v_{crit}}$$

Поправочный член делает невозможным получение неоправданно высоких очков тренировочной нагрузки за равномерный бег с медленной скоростью. Это соотносится с обычными весовыми коэффициентами, используемыми в традиционных формулах ТРИМП. Однако в рамках данного подхода поправочный член выражен в терминах индивидуального биоэнергетического профиля спортсмена. Следовательно, индекс интенсивности будет рассчитываться:

$$I(D_{act}) = \frac{v_{act}}{v_{opt}} + \frac{v_{act} - v_{crit}}{v_{max} - v_{crit}} \quad (6.2)$$

Когда спортсмен бежит со скоростью, меньшей, чем его критическая скорость ($v_{act} < v_{crit}$), тогда поправочный член является числом отрицательным. У каждого спортсмена присутствует нижний порог интенсивность, бег медленнее которого не вызывает запуска адаптационных

реакций (Lambert et al., 2009; Smith, 2003). Сильной стороной предлагаемого подхода по квантификации тренировочной нагрузки является введение подобной скорости. Если фактическая скорость спортсмена ниже данной пороговой скорости $v_{act} \leq v_{cut-off}$, то значение интенсивности будет равно нулю ($I = 0$). Пороговая скорость рассчитывается следующим образом:

$$v_{cut-off} = \frac{v_{opt} v_{crit}}{(v_{max} - v_{crit} + v_{opt})}$$

Максимальная интенсивность I_{max} может быть получена, когда фактическая скорость равна скорости оптимальной. И формула получается следующая:

$$I_{max} = 1 + \frac{v_{opt} - v_{crit}}{v_{max} - v_{crit}}$$

И максимальная интенсивность, и пороговая скорость зависят от дистанции, преодоленной спортсменом в одном повторении. Исходя из логики математических построений полезно рассчитать максимальную пороговую скорость:

$$v_{cut-off(max)} = \frac{v_{max} v_{crit}}{(2v_{max} - v_{crit})}$$

и минимальное возможное значение пороговой скорости возможно для случая, когда $v_{opt} = v_{crit}$, и она вычисляется по следующей формуле:

$$v_{\text{cut-off}(\text{min})} = \frac{v_{\text{crit}}^2}{v_{\text{max}}}$$

Пороговая скорость существенно ниже, чем критическая скорость.

Пример 1. Спортсменка национального уровня имеет максимальную скорость 6,67 м/с, и критическая скорость составляет 4,90 м/с. В этом случае пороговая скорость составит 3,61 м/с (или 4,37 мин/км).

Пример 2. Спортсмен регионального уровня имеет максимальную скорость 7,84 м/с и критическую скорость 4,95 м/с. Пороговая скорость составляет 3,12 м/с (или 5,20 мин/км).

Интенсивность является линейной функцией от фактической скорости с различными углами наклона для различных значений фактической дистанции (D_{act}), см.

Вторым множителем в формуле ТРИМП на основе критической скорости выступает концентрация тренировки. Концентрация тренировки берет во внимания распределение отдыхов между нагрузочными интервалами и перерывы между сериями высокоинтенсивных интервалов.

Показатель концентрации тренировок необходим для реалистичного сравнения между собой различных протоколов высокоинтенсивных нагрузок. Различные величины времени и скорости отдыха, времени и скорости нагрузочных интервалов, а также объединение высокоинтенсивных интервалов в серии не учитывается в традиционном исчислении ТРИМП, но учитывается в развиваемом в данном параграфе подходе.

Предположим, что спортсмен выполняет n повторов, дистанция каждого из которых равна D_{act} , время нагрузочного интервала равно τ_{effort} . Интенсивность каждого из интервалов исчисляется по формуле (6.2). Концентрация тренировочного занятия в целом будет рассчитана по формуле:

$$C(D_{\text{act}}) = 1 + \frac{I(nD_{\text{act}}) - I(D_{\text{act}})}{I(D_{\text{act}})} e^{-\sigma_1 \frac{\tau_{\text{rec}}}{\tau_{\text{effort}}}}$$

где величина σ_1 зависит от характера восстановления (пассивный отдых, ходьба, бег трусцой, активный бег):

$$\sigma_1 = 1 - \frac{v_{\text{rec}}}{v_{\text{crit}}} \quad 0 \leq v_{\text{rec}} \leq v_{\text{crit}} \quad (6.3)$$

Для пассивного отдыха σ_1 будет равна 1, а для скорости «восстановления», выполняемой с критической скоростью, данный коэффициент примет значение 0.

Пример 3. Расчет значения σ_1 для бегуна, у которого критическая скорость составляет 4,5 м/с, а восстановление выполняется трусцой со скоростью 2,75 м/с, тогда данный коэффициент примет значение 0,39.

Формула концентрации нагрузки выведена таким образом, чтобы сделать возможным сопоставления интервальных и непрерывных методов тренировок ($\tau_{\text{rec}} = 0$ для непрерывной тренировки, и больше нуля для переменных тренировочных протоколов). Таким образом, на величину концентрации нагрузки оказывает влияние скорость отдыха и время отдыха (см. рисунок 6). Величина концентрации 1 получается в случае, когда $n = 1$, а также в случаях, когда величины отдыха достаточно велики.

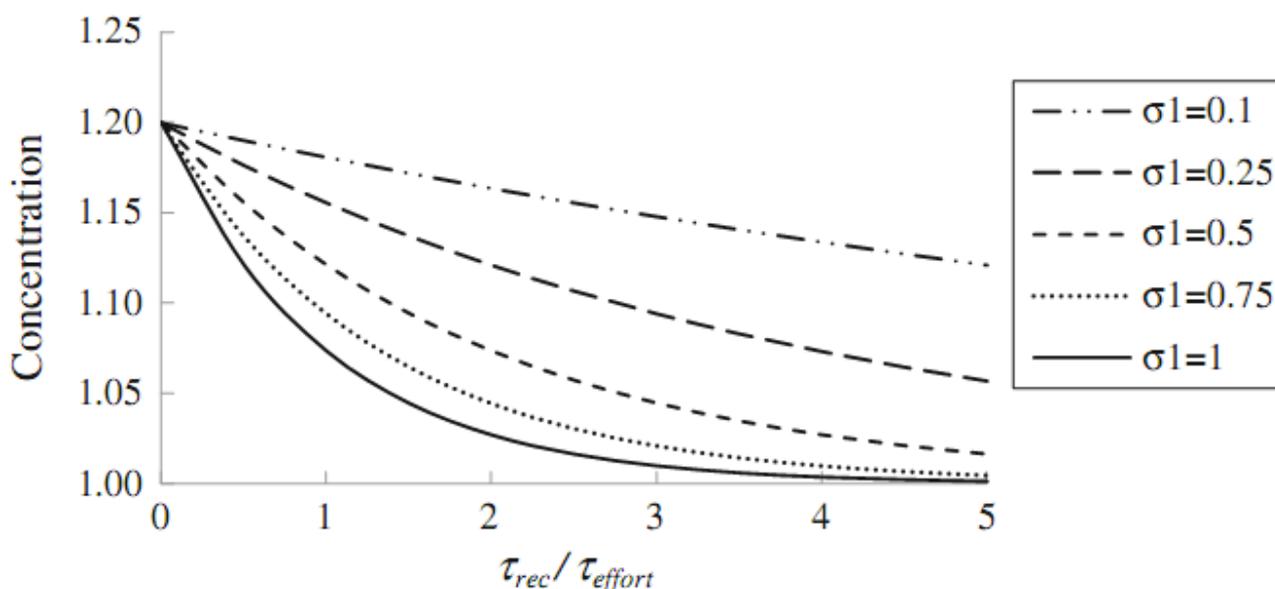


Рисунок 6 – Величины концентрации тренировок (Concentration) для бегуна клубного уровня с критической скоростью 4,73 м/с и максимальной скоростью 7,70 м/с (Hayes and Quinn, 2009)

Различные величины концентрации нагрузки (C), как видно из формулы (6.1) влияют на размеры ТРИМП.

Третьим множителем в формуле ТРИМП выступает дистанция (D). Эта переменная зависит не только от величины фактической дистанции (Dact), но и от величины Dopt. Дело в том, что время высокоинтенсивной тренировки в случае одинаковой пропорции работа:отдых (1:2) и выполнения повторов сходной интенсивности в 120% от МПК существенно зависит от продолжительности нагрузки (Turner et al., 2006). Так интервалы с 30 секундной (и меньше) нагрузкой с данной интенсивностью могли выполняться спортсменами в течение более 30 минут без признаков утомления. В тоже время рост продолжительности рабочего интервала до 60-90 секунд уже вызвало невозможность закончить 30-минутную тренировку у спортсменов. Отказ от продолжения высокоинтенсивной тренировки сопровождался высокой концентрацией лактата в крови, значительным ростом потребления кислорода, и деоксигенацией внутримышечного гемоглобина (Turner et al., 2006).

В рассматриваемой модели, чем большая доля D_{opt} пробегается спортсменом, тем выше уровень физиологического стресса.

Переменная D рассчитывается следующим образом:

$$D = \alpha n D_{act}$$

где

$$\alpha = q_D + (q_{nD} - q_D) e^{-\frac{\tau_{rec}}{\tau_{effort}}}$$

и $q_D = D_{act}/D_{opt}$ для $D_{act} \leq D_{opt}$. Значение данной переменной D варьируется в различном диапазоне значений в зависимости от длины и скорости повторения и времени отдыха.

Таким образом, ключевой величиной является D_{opt} и v_{opt} , рассчитываемая с помощью модели критической скорости с тремя параметрами.

Расчет формулы оптимальной скорости осуществляется по формуле:

$$v_{opt} = \frac{-D_{opt}(v_{max} - v_{crit}) - D'v_{max} \pm \sqrt{(D_{opt}(v_{max} - v_{crit}) - D'v_{max})^2 - 4D'D_{opt}v_{crit}(v_{crit} - v_{max})}}{2D'}$$

где v_{opt} – это расчетная скорость прохождения дистанции (получается как результат решения квадратного уравнения, из двух корней выбирается лежащее в области определения ($0 < v_{opt} < v_{max}$)).

Модель критической скорости дает возможность вычислить прогнозное время:

$$\tau_{effort} = \frac{2D_{opt}D'}{-D_{opt}(v_{max} - v_{crit}) - D'v_{max} \pm \sqrt{(D_{opt}(v_{max} - v_{crit}) - D'v_{max})^2 - 4D'D_{opt}v_{crit}(v_{crit} - v_{max})}}$$

Тренер также может воспользоваться следующей формулой для расчета D_{opt} :

$$D_{opt} = v_{opt} \left(\frac{D'}{v_{opt} - v_{crit}} + \frac{D'}{v_{crit} - v_{max}} \right)$$

Наконец, формула расчета оптимальной скорости, приведенная в начале параграфа ($v_{opt} = D_{opt}/\tau_{effort}$) в сочетании с формулами выше позволяет осуществить расчеты для любых интервальных тренировок.

Пример 4. Рассмотрим результаты подобных расчетов для спортсменки национального уровня с максимальной скоростью 6,67 м/с и критической скоростью 4,90 м/с. Для каждого диапазона скоростей приведем длины скоростных отрезков, обычно используемых в практике легкой атлетики. В этом случае появится возможность также рассчитать и коэффициенты q_D (см. таблица 8)

Таблица 8

Пример расчета значений D_{opt} и q_D

v_{act} , м/с	v_{act} , мин/км	D_{act} , м	D_{opt} , м	q_D
5,0	3,20	2000	8646	0,231
5,1	3,16	1500	4071	0,368
5,2	3,12	1000	2575	0,388
5,3	3,09	800	1829	0,437
5,4	3,05	400	1379	0,290
5,5	3,02	300	1077	0,279
5,6	2,59	200	859	0,233

5,7	2,55	200	693	0,289
5,8	2,52	200	561	0,356
5,9	2,49	100	454	0,220
6,0	2,47	100	365	0,274
6,1	2,44	100	289	0,346
6,2	2,41	60	223	0,269
6,3	2,39	60	166	0,362
6,4	2,36	50	114	0,438
6,5	2,34	40	68	0,589
6,6	2,32	30	26	1,155

Для вычисления ТРИМ воспользуемся формулой:

$$\begin{aligned}
 W &= I(D_{\text{act}}) \times C(D_{\text{act}}) \times D \\
 &= \left(\frac{v_{\text{act}}}{v_{\text{opt}}} + \frac{v_{\text{act}} - v_{\text{crit}}}{v_{\text{max}} - v_{\text{crit}}} \right) \times \left(1 + \frac{I(nD_{\text{act}}) - I(D_{\text{act}})}{I(D_{\text{act}})} e^{-\sigma_1 \frac{\tau_{\text{rec}}}{\tau_{\text{effort}}}} \right) \\
 &\quad \times nD_{\text{act}} \left(q_D + (q_{nD} - q_D) e^{-\frac{\tau_{\text{rec}}}{\tau_{\text{effort}}}} \right)
 \end{aligned}$$

Следует отметить, что рост времени восстановления приводит к тенденции ТРИМП к расчету по формуле:

$$I(D_{\text{act}}) \times nD_{\text{act}} q_D$$

что характерно для n числа отдельных тренировочных занятий, отстоящих друг от друга во времени.

В случае объединения интервалов в серии (сеты) используемые формулы модифицируются.

Значение концентрации тренировки в целом будет рассчитываться:

$$C(D_{\text{act}}) = 1 + \frac{I(nD_{\text{act}}) - I(D_{\text{act}})}{I(D_{\text{act}})} e^{-\sigma_1 \frac{\tau_{\text{rec}}}{\tau_{\text{effort}}}} + \frac{I(nmD_{\text{act}}) - I(nD_{\text{act}})}{I(D_{\text{act}})} e^{-\sigma_2 \frac{\tau_{\text{rest}}}{\tau_{\text{effort}}}}$$

Величина σ_2 зависит от скорости спортсмена в период отдыха между сериями и задается как:

$$\sigma_2 = 1 - \frac{v_{\text{rest}}}{v_{\text{crit}}} \quad 0 \leq v_{\text{rest}} \leq v_{\text{crit}}$$

Множитель, обозначаемый D будет рассчитываться:

$$D = nmD_{\text{act}} \left(q_D + (q_{nD} - q_D) e^{-\frac{\tau_{\text{rec}}}{\tau_{\text{effort}}}} + (q_{nmD} - q_{nD}) e^{-\frac{\tau_{\text{rest}}}{\tau_{\text{effort}}}} \right)$$

Если $\tau_{\text{rec}} = \tau_{\text{rest}}$ и $\sigma_1 = \sigma_2$, тогда величины концентрации и дистанции будут задаваться такими формулами:

$$C(D_{\text{act}}) = 1 + \frac{I(nmD_{\text{act}}) - I(D_{\text{act}})}{I(D_{\text{act}})} e^{-\sigma_1 \frac{\tau_{\text{rec}}}{\tau_{\text{effort}}}} \quad \text{и}$$

$$D = nmD_{\text{act}} \left(q_D + (q_{nmD} - q_D) e^{-\frac{\tau_{\text{rec}}}{\tau_{\text{effort}}}} \right)$$

также как одного сета, если бы он состоял из $n \times m$ повторений.

По мере того, как величина τ_{rest} становится больше, то и C , и D начинают приближаться к схеме расчетов для отдельных серий (а не набора серий). Если эта величина превосходит 2 часа, то по сути вычисления ТРИМПС для данной тренировки осуществляются как для отдельных тренировочных занятий.

Таблица 9

Пример разных вариантов интервальных тренировок с сериями

D_{act} (m)	τ_{effort} (s)	n	τ_{rec} (s)	v_{rec} (m/s)	σ_1	m	τ_{rest} (s)	v_{rest} (m/s)	σ_2	TRIMP
200	40	20	80	0	1	1	—	—	—	2,522
200	40	10	80	0	1	2	160	0	1	2,478
200	40	5	80	0	1	4	160	0	1	2,398
800	150	6	150	0	1	1	—	—	—	5,485
800	150	3	150	0	1	2	300	0	1	5,363
800	150	2	150	0	1	3	300	0	1	5,211

Данный подход, хотя и ограничен в области применения дисциплинами легкой атлетики и плавания, где используются сходные условия тренировок (шоссейный бег, бег на средние дистанции при кроссовых тренировках, проводимых в сопоставимых условиях температуры, покрытия и т.п.), тем не менее, дает отличную возможность осуществить почти идеальный расчет величин нагрузки для интервальных тренировок. Альтернативные подходы квантификации интервальных тренировок будут изложены в следующем разделе.

7. Особенности квантификации тренировочной нагрузки для интервальных и повторных методов тренировок

Традиционные методы измерения стресса, возникающего в результате тренировок, не всегда дают корректные оценки в случае переменных режимов тренировок, в частности при использовании интервального и повторного метода.

В теории спорта интервальные тренировки рассматриваются как вариант, подмножество повторных методов. Различия между повторным и интервальным методами заключается в характере восстановительных отрезков. В интервальной тренировке они выполняются активно, а отдых, как правило, сравнительно невелик (Thompson, 2005). Однако с точки зрения моделирования реакций организма различие между данными двумя методами высокоинтенсивной тренировки не принципиально и описывается одинаковым набором переменных.

Большая часть уже рассмотренных методов квантификации тренировочной нагрузки (RPE-session, разные модификации ТРИМП, нагрузка на основе профилей потребления кислорода) подходит и для вычисления совокупной нагрузки при выполнении повторных тренировочных занятий.

Однако использование традиционных методов квантификации требует получения отдельные численные значения для каждого из нагрузочных и восстановительных отрезков. В тоже время исследователями были разработаны и специальные методы, в которых переменные режимы работы спортсменов интегрированы в систему численных расчетов. Одна из подобных методик квантификации нагрузки для переменных режимов высокоинтенсивных тренировок (на основе критической скорости) была рассмотрена в предыдущем разделе.

Однако метод, основанный на концепции критической скорости, не универсален, и есть альтернативные методики.

Среди этих методик особое место занимает так называемый WER-метод (Desgorces and Noirez, 2008; Desgorces et al., 2007) (work endurance recovery). Ключевая формула нагрузки такова (Desgorces et al., 2007):

$$WER = \frac{CW}{End_{lim}} + \ln\left(1 + \frac{DCW}{DCR}\right)$$

где CW – вычисляется для заданной дистанции и является суммой нагрузочных повторов, которые были реализованы в запланированных режимах интенсивности; End_{lim} – это личный рекорд спортсмена, полученный в результате соответствующего теста (прикидки). Эти две величины выражены в одинаковых единицах измерения (в минутах для тренировок на выносливость, в секундах – для спринтерских отрезков, в числе повторов для силовых тренировок). DCR рассчитывается как сумма восстановительных периодов, реализованных в течение интервальной тренировки (в секундах); DCW – это сумма рабочих отрезков, завершенных в течение тренировки. Величины DCW и CW различаются только для силовых тренировок и выражены в этом случае в числе повторов, а не в минутах (секундах).

Норвежскими учеными был разработан метод ТРИМП в непрерывном времени (Moxnes and Hausken, 2008; Moxnes and Hausken, 2009; Moxnes and Hausken, 2012), который делает возможным корректное измерение величины тренировочной нагрузки в случае выполнения разных вариантов повторных и интервальных протоколов.

Формула ТРИМП для непрерывного времени (Moxnes and Hausken, 2009):

$$\underbrace{\text{Trimp}(T)}_{\text{Training impulse}} \stackrel{\text{def}}{=} \int_{t_0}^T \underbrace{w(e(t))}_{\text{weighting factor}} \underbrace{\frac{e(t)}{e_{\max}}}_{\substack{\text{Fraction of maximum} \\ \text{aerobic power}}} dt, \quad w(e_{\max}) = 1,$$

где $e(t)$ – аэробная мощность в момент времени t , e_{\max} – максимальная аэробная мощность. Предполагается, что физическая нагрузка начинается в момент времени t_0 и завершается в момент T . Переменные мощности измерены в ваттах. Символ def. обозначает дефиницию (определение новой переменной), $w(t)$ – весовой фактор рассчитывается по следующей формуле (Moxnes and Hausken, 2009):

$$w(e(t)) \stackrel{\text{mod}}{=} \text{Exp} \left(b \left(\frac{e(t)}{e_{\max}} - 1 \right) \right), \quad w(e_{\max}) = 1, \quad 0 \leq w(e(t)) \leq 1,$$

где надпись mod обозначает допущение модели; EXP обозначает экспоненциальную функции; параметр b задается на уровне 1,92 для мужчин и 1,67 для женщин (как и в случае традиционных ТРИМП). Величина b отражает конфигурацию лактатной кривой, и у элитных спортсменов может принимать значения 15 и выше, а у нетренированных людей – значение 1 (Moxnes and Hausken, 2012).

Далее авторами вводится различие между равномерной нагрузкой:

$$e(t) = \chi e_{\max}$$

и нагрузкой, выполняемой в переменном режиме:

$$e(t) = \chi e_{\max} (1 + \varepsilon \text{Sin}(\omega t)), \quad \chi(1 + \varepsilon) \leq 1, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

Дальше в работе (Moxnes and Hausken, 2009) задаются значения $\chi = 0.9$, $t_0 = 0$, $\varepsilon = 0.1$. Однако возможно моделирование и любых других протоколов интервальных (повторных) тренировок при других значениях данных параметров.

Несложные математические преобразования позволяют получить две формулы, характеризующие ТРИМП для непрерывной и переменной нагрузки:

$$\text{Trimp}(T) = \chi \text{Exp}(b(\chi - 1))T ,$$

$$\begin{aligned} \text{Trimp}(T) &= \chi \text{Exp}(b(\chi - 1)) \int_0^T \text{Exp}(\varepsilon\chi b \text{Sin}(\omega t)) dt \\ &\approx \chi \text{Exp}(b(\chi - 1)) \int_0^T \left(1 + \varepsilon\chi b \text{Sin}(\omega t) + \frac{(\varepsilon\chi b \text{Sin}(\omega t))^2}{2} + \dots \right) \\ &= \chi \text{Exp}(b(\chi - 1)) \left(T + \frac{(\varepsilon\chi b)^2}{4} \right) + \dots . \end{aligned}$$

Важная ремарка касается того факта, что значение ТРИМП, вычисленное из второй формулы (для переменного режима тренировки) всегда будет выше нежели первая формула, характеризующая равномерную нагрузку.

Таким образом, использование более методов математического моделирования позволяет получить формулы тренировочной нагрузки, которые дают возможность точно измерить уровень физиологического стресса, испытываемого спортсменом в процессе интервальных и повторных тренировочных протоколов.

8. Преимущества и недостатки методов квантификации нагрузки в специфических видах спорта. Рекомендации по использованию данных методов в соответствующих видах спорта при работе со спортсменами высокой квалификации

В данном разделе предложены методы измерения тренировочной нагрузки для определенных видов спорта. Хотя большая часть описанных в предыдущих разделах методик универсальны и подходят к большей части видов спорта, тем не менее, присутствует в ряде видов спорта некоторая специфика, которая дает возможность подбирать более подходящие методы квантификации.

Основатель аэробики Кеннет Купер (Cooper, 1968) предложил сопоставлять различные виды физической активности с точки зрения их «кислородной стоимости». И плавание, и бег, и гимнастика, и спортивные игры были сведены к общему измерителю – аэробным очкам Купера. При этом американский врач заложил идеи о нелинейном росте затрат энергии при беге с увеличением скорости. Можно предложить аппроксимирующую формулу очков Купера, которая позволяет квантифицировать нагрузку для любых сочетаний продолжительности и расстояния беговой тренировки:

$$\text{Тренировочная нагрузка} = 75 \times \frac{S^3}{t^2},$$

где S – длина дистанции в км; t – время бега в мин.

Тренировки на стадионе, а также кроссовый бег с устройствами GPS позволяет получить точные количественные оценки данных переменных.

Однако очевидно, что данная формула будет давать некорректные оценки тренировочного стресса в случае сниженной пробегаемости (лес,

грязный грунт, набор высоты, гололедица). Кроме того, в условиях экстремальных температур (мороз или жара) аппроксимирующая формула также дает заниженные оценки, поскольку учитывается лишь скорость спортсмена безотносительно как метаболических процессов, так и фактических затрат механической энергии. Однако в некоторых видах легкой атлетики (шоссейный бег, средние дистанции) спортсмены тренируются в сравнительно сходных условиях, и данный метод квантификации тренировочной нагрузки позволяет оценить уровень нагрузки, ее динамику, а также интенсивность отдельных тренировочных занятий.

В командных видах спорта были апробированы два вида квантификации тренировочной нагрузки.

Во-первых, это модифицированный метод ТРИМП на основе лактатного профиля (Stagno et al., 2007). Авторы сделали заключение, что данная методика хорошо измеряет тренировочную нагрузку в командных видах спорта и, следовательно, подходит для использования в описания тренировочного процесса, направленного на поддержание или развитие аэробных качеств спортсменов в соревновательном периоде.

Однако в работе (Akubat and Abt, 2011) был сделан вывод о том, что использование метода модифицированных ТРИМП может приводит к недооценке фактических тренировочных нагрузок, получаемых спортсменами во время матча (игры).

Во-вторых, это RPE метод. В исследовании (Impellizzeri et al., 2004), проведенном с футболистами, авторы сделали вывод о том, что RPE-метод (шкала 0-10) удачно подходит для целей измерения внутренней нагрузки спортсменов, и может быть использован для целей мониторинга и контроля. Кроме того, исследователями был сделан вывод о перспективности метода в вопросах периодизации в футболе.

Перспективным представляется использование GPS-технологий для вычисления информации об уровне тренировочной нагрузки отдельных спортсменов во время соревновательной или напряженной тренировочной

деятельности (Randers et al., 2010). Однако данное направление пока находится на стадии апробации в разных игровых видах спорта, и слабо отражено в международных научных журналах по спорту.

В гребле также было продемонстрировано (DellaValle and Haas, 2013), что RPE-метод удачно подходит для измерения тренировочной нагрузки.

Для представителей триатлон изначально был предложен вариант использования стандартных ТРИМП вне зависимости от вида физической активности (Banister et al., 1999). Однако в дальнейшем для триатлона в работах (Millet et al., 2002; Millet et al., 2005) был разработан более совершенный подход к квантификации тренировочной нагрузки. Тренировочный стимул W предложено рассчитывать отдельно для каждого из трех основных видов тренировочной (и соревновательной) деятельности – плавания, бега, велосипедных нагрузок, а также одна переменная для других видов тренировок (лыжные тренировки, силовая подготовка) по следующей формуле:

$$W = \sum_{j=1}^{j=T} X_j \cdot d \cdot k$$

где $X_j = (HR_j - HR_{rest}) \cdot (HR_{max} - HR_{rest})^{-1}$, j – это индекс времени, варьирующийся от 0 до T (конец тренировочного занятия), $d = 5$ секунд (периодичность записи ЧСС в память монитора сердечного ритма), HR_j – это ЧСС в момент времени j , HR_{rest} – ЧСС в состоянии покоя, HR_{max} – ЧСС максимальная. ЧСС максимальная была измерена отдельно для каждого из трех основных видов тренировок (плавания, велогонок и бега) во время нагрузки по протоколу 3 раза по 1 минуте до отказа с 30 секундами отдыха. Наконец, k – это весовой коэффициент, использующийся для того, чтобы нагрузка высокой интенсивности приносила значительно больше

тренировочных импульсов по сравнению с нагрузкой низкоинтенсивной. Рассчитывается данный коэффициент по следующим формулам:

$$k = 0.64x_j e^{1.92X_j} \quad (\text{для мужчин})$$

$$k = 0.86x_j e^{1.67X_j} \quad (\text{для женщин})$$

Запись ЧСС осуществлялась для всех видов тренировок, в т.ч. и во время плавания. Математическая обработка тренировочных данных проводилась после импорта данных пульсометрии в персональный компьютер.

Наконец, в недавней работе (Cejuela and Esteve-Lanao, 2011) для триатлонистов был разработан подход, комбинирующий субъективный и объективный методы измерения тренировочной нагрузки.

В качестве субъективного элемента была предложена шкала от 0 до 5 (см. таблица 10).

Таблица 10

Шкала субъективных нагрузочных эквивалентов (ECS) (Cejuela and Esteve-Lanao, 2011)

Балл	Самооценка дневной нагрузки
0	Отдых
0,5	
1	Легкая нагрузка
1,5	
2	Средняя нагрузка
2,5	
3	Тяжелая нагрузка
3,5	
4	Очень тяжелая нагрузка
4,5	
5	Соревнование; тренировка или тест до отказа

Объективная нагрузка измерялась как модифицированный вариант метода обобщенных зон со следующими весовыми коэффициентами (см. таблица 11), AeT – аэробный порог, AnT – анаэробный порог, MAP – максимальная аэробная мощность, LAC Cap – лактатная емкость, Lac Pow – лактатная или гликолитическая мощность. Данный метод получил название «объективные нагрузочные эквиваленты» (ЕСО).

Время, проведенное в каждой из тренировочных зон, умножается на весовой коэффициент из таблицы. При этом данные величины для бега берутся для вычисления суммарной нагрузки с коэффициентом 1. Для плавания данный поправочный коэффициент составляет 0,75, а для велосипедных нагрузок 0,5. Данные величины явились результатом большой аналитической работы научной и научно-практической литературы по триатлону (Cejuela and Esteve-Lanao, 2011).

Таблица 11

Зоны нагрузки для триатлона и весовые коэффициенты, соответствующие каждой из зон (Cejuela and Esteve-Lanao, 2011)

Zone	SWIM	BIKE	RUN	VALUE
<AeT	A0	Ext.Training	Ext.Training	1
AeT	A1	AeT	AeT	2
AeT-AnT	A2	Moderate	Moderate	3
AnT	AnT	AnT	AnT	4
>AnT	>AnT	>AnT	>AnT	6
MAP	A3	MAP	MAV	9
LAC Cap	Lac Cap	Lac Cap	Lac Cap	15
LAC Pow	Lac Pow	Lac Pow	Lac Pow	50

Совместная динамика объективно и субъективно измеренной нагрузки представлена на рисунке 7 (Cejuela and Esteve-Lanao, 2011).

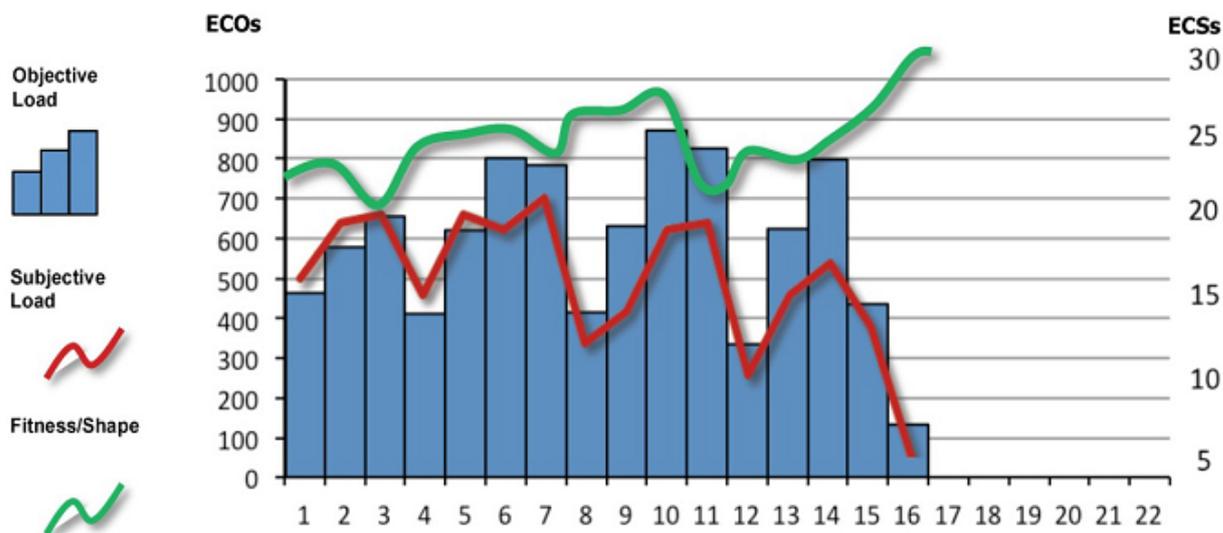


Рисунок 7 - Совместная динамика объективно (ECO) и субъективно (ECS) измеренной нагрузки, а также теоретическая кривая спортивных результатов

Для квантификации нагрузок в плавании был разработан подход, основу которого составляют зоны, выделенные по уровням лактата в крови (Mujika et al., 1996; Thomas et al., 2008). Было выделено пять зон (I-V), для каждой из которых был предложен свой весовой коэффициент 1, 2, 3, 5 и 8 соответственно. Для данных зон I, II, III характерны такие концентрации лактата – меньше чем ~2 ммол/л; приблизительно равное ~4 ммол/л; немного большее ~6 ммол/л. Интенсивность в зоне IV представляет плавательные скорости, при которых концентрация лактата в крови достигает ~10 ммол/л. А зона V характеризуется предельными концентрациям лактата в ~16 ммол/л.

Однако помимо нагрузок в бассейне для процесса подготовки пловцов важную роль играют так называемые «сухие» тренировки в зале. Опрос тренеров позволил авторам вывести коэффициент, делающий возможным сопоставление нагрузок по времени в зале с километражем в бассейне. Каждый час занятий в тренажерном зале добавляет к суммарной нагрузке за день 7.5 очков.

Итоговая формула средненедельной нагрузки в плавание выглядит следующим образом (Thomas et al., 2008):

$$MWTL = 1 \times kmI + 2 \times kmII + 3 \times kmIII \\ + 5 \times kmIV + 8 \times kmV + 7.5H$$

где km с номером – это километраж, проведенный в соответствующей зоне, H – часы занятий в зале.

В лыжных гонках, как и в плавании, силовая тренировка в различных формах играет значительную роль (Fabre et al., 2010a; Losnegard et al., 2012a; Sandbakk et al., 2011). Однако до сих пор в исследованиях, посвященных лыжным гонкам, использовался лишь традиционный ТРИМП подход (Candau et al., 1992). Изучение опыта тренеров и спортсменов и введение в формулы нагрузок в лыжных гонках подобного слагаемого, отвечающего за силовые тренировки, представляется перспективным подходом.

В исследовании (Sanchez et al., 2013) был предложен вариант квантификации тренировочной программы для спортивной гимнастики. Единицей измерения выступили условные единицы, основанные на количестве повторений гимнастических или акробатических элементов. Различные элементы характеризовались специфическими коэффициентами в зависимости от использованного аппарата: когда многие элементы шли в последовательности, то каждый элемент умножался на 1,5. Когда изучалась новая последовательность некоторой программы целиком, то каждый элемент умножался на коэффициент 3. «Рутина» или физическая подготовка оценивалась в 15 условных единиц. Эта часть тренировки состояла из повторения мини-последовательностей из уже изученных элементов. Эта тренировочная последовательность включала в себя упражнения на контроль осанки и некоторые элементы силовой тренировки.

В работе (Busso et al., 1994) для метания молота был предложен подход по измерению нагрузки с точки зрения уровня интенсивности. В частности общая тренировочная нагрузка за день исчислялась по формуле:

$$w_n = intst_n + 0.6th_n + 0.1ju_n,$$

где w_n – общая величина тренировочной нагрузки в день n , st_n , th_n , ju_n – это общее число подъемов; бросков, а также прыжков за день соответственно; int – средняя интенсивность подъема отягощений в процентах от повторного максимума. Коэффициенты 0.6 и 0.1 позволяют придать весовые характеристики нагрузкам, выполняемым во время бросков и прыжков с точки зрения их вклада в общий физиологический стресс, испытываемый организмом под влиянием тренировок в метании молота.

Сходный подход был предложен для элитных тяжелоатлетов в работах (Busso et al., 1990; Busso et al., 1992). Тренировочная нагрузка за неделю вычислялась как совокупное число силовых упражнений (рывки, тяги, жимы, приседания и т.д.), взвешенных на среднюю интенсивность (от повторного максимума). Например, 25 подъемов штанги с весом в 80% от повторного максимума соответствует 20 очкам тренировочных единиц ($25 \times 0,8 = 20$).

В велосипедных видах спорта (велотрек, маунтинбайк, шоссейные велогонки) наряду с возможностью использования всех перечисленных выше методов квантификации нагрузки (различные варианты ТРИМП, RPE-session и т.д.) распространение технологий измерения мощности открывает дополнительные возможности в измерение того, что происходит во время соревнований и тренировок. Датчики мощности в велосипедных видах спорта (Jobson et al., 2009; Padilla et al., 2001) дают возможность комплексно анализировать практически каждый метр дистанции. Пример получаемых графиков мощности можно увидеть на рисунке 8.

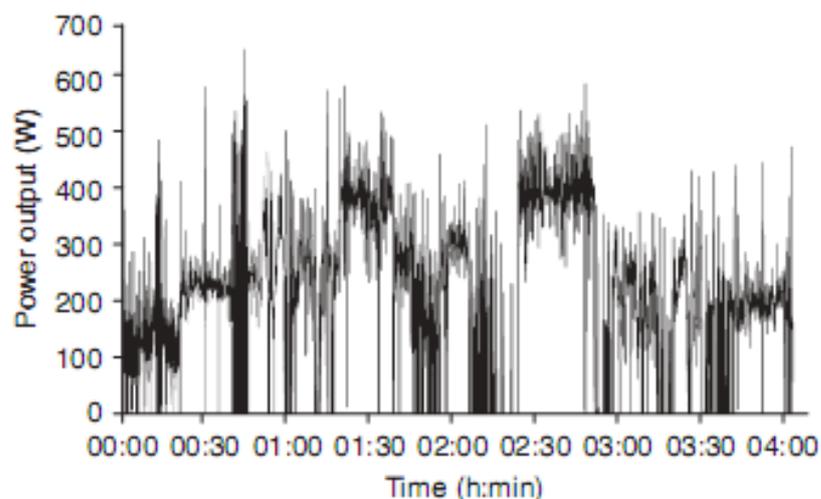


Рисунок 8 – Пример данных мощности, получаемых при помощи SRM системы (Jobson et al., 2009)

Интерпретировать подобную информацию затруднительно. И на сегодня специалисты, работающие с элитными спортсменами-велогонщиками, лишь учатся использовать эти массивы данных. Из числа распространенных методик следует выделить (Jobson et al., 2009):

1. Визуальный анализ данных. Анализ графиков позволяет идентифицировать момент наивысшего уровня мощности; увидеть моменты усиления темпа и атак в ходе соревнований; оценить вариабельность мощности.
2. Анализ гистограмм (Ebert et al., 2005). Получение информации о том, сколько времени было проведено в отдельном тренировочном занятии или соревнованиях в каждом из диапазонов мощности (например, 0-100 Вт, 100-300 Вт, 300-500 Вт, >500 Вт) несет некоторую полезную информацию о характере нагрузки.
3. Средняя мощность за гонку (тренировку) является важным внешним измерителем интенсивности. А общий объем выполненной работы - объективным измерителем величины нагрузки. Однако следует отметить ограничения связанные со стохастической природой получаемых с датчиков мощности данных, а также влияние рельефа трассы на количественные оценки мощности (Jobson et al., 2009).

4. Нормализованные и усредненные значения мощности (Coggan, 2006) позволяет частично устранить проблемы предыдущего подхода, но пока данный метод слабо изучен в научных исследованиях.
5. Спектральный анализ мощности (Tucker et al., 2006) представляет собой интересное направление работы с данными систем мощности, однако напрямую не связано с основной темой по квантификации нагрузки.

Тренер нуждается в понимании того, как организм элитного спортсмена адаптируется к выполняемым тренировочным нагрузкам. Тренировочная программа должна изменяться, индивидуализироваться в зависимости от того, как тот или иной спортсмен реагирует на предложенные нагрузки. Измерение тренировочной нагрузки после каждого занятия является важным шагом для разработки эффективной высоко индивидуализированной тренировочной программы. Для каждого вида спорта есть возможность использовать как универсальные, так и специфические методы квантификации нагрузки. Каждая из методик имеет свои преимущества и недостатки.