

Введение Определение оптимальной физической нагрузки по-прежнему остаётся одной из сложных проблем в теории и практике физической культуры. Положительное влияние занятий физической культурой определяется соответствием уровню физической нагрузки возможностям человека, ее выполняющего. Если же физическая нагрузка превышает эти возможности, то она становится чрезмерной и вызывает отрицательные изменения в организме. При таком подходе очевидно, что даже небольшая физическая нагрузка, полученная не подготовленным к ней человеком, может оказаться для него чрезмерной со всеми вытекающими из этого последствиями. Поэтому дозировка физической нагрузки является такой же трудной клинической задачей, как и дозировка лекарств. Очевидно, что малые дозы не будут эффективными, а большие могут дать отрицательный результат, ибо чрезмерная физическая нагрузка приводит или к обострению имеющихся хронических заболеваний, или к развитию перенапряжения органов и систем организма [1-7]. Учитывая так называемое нетренированное сердце современного человека, имеющее самые различные проявления и связанное с все падающим удельным весом физической активности, как в профессиональной, так и в бытовой деятельности, при дозировании физической активности лицам, не занимающимся спортом, требуется особая осторожность. Основная сложность проблемы заключается в том, что оптимум необходимой физической нагрузки у каждого человека сугубо индивидуален и подвержен постоянному изменению (иногда с очень широким диапазоном) в зависимости от психоэмоционального состояния, степени восстановления после предыдущей тренировки, применения фармакологических препаратов и т. д. Поскольку степень воздействия всех факторов постоянно меняется, постольку и у каждого человека должна индивидуально адекватно меняться величина нагрузки. Поэтому для усиления оздоровительной направленности тренировочного процесса при повышении объёма и интенсивности нагрузки необходимы критерии, определяющие их индивидуальную оптимальность, включающие в себя показатели функционального состояния систем, являющихся ведущими в жизнеобеспечении организма (ЧСС и др.). Динамика нарастания уровня физической нагрузки должна соответствовать росту функционального состояния организма, ибо развитие физических качеств должно сопровождаться улучшением состояния здоровья. Поэтому перспективным представляется применение различных устройств, тренажеров и машин, обеспечивающих развитие двигательных качеств человека, повышающих эффективность тренировочных занятий без превышения физиологических возможностей организма [1]. В видах физического воспитания с преимущественным проявлением выносливости, где результат больше всего зависит от деятельности вегетативной системы, управление нагрузкой должно осуществляться по объективно установленным данным непрерывного проявления физиологических параметров по ходу выполнения

упражнения. А средства, создающие управляющее воздействие, должны работать на основе принципа прямой и обратной связи. Методика исследования Для решения этой сложной проблемы нами разработана искусственно управляемая среда, получившая название «Машина автоматизированного управления для циклических упражнений» (МАУЦУ). При занятии на МАУЦУ управление нагрузкой осуществляется с помощью автоматизированной системы управления (АСУ) на основе ответной реакции организма. АСУ отслеживает состояние сердечно-сосудистой системы, а также контролирует качество выполнения двигательных действий. На основе показателей (изменений) ЧСС АСУ вносит коррективы в программу управления нагрузкой и поддерживает её на оптимальном (или при необходимости на заданном) уровне. МАУЦУ имеет преимущества перед своим прототипом - кардиолидером. Они заключаются в следующем: • коррективка происходит сразу, как только заданная ЧСС начинает отличаться от ЧСС занимающегося, а не после выхода ЧСС занимающегося из пульсового коридора (зоны нечувствительности прибора), • программа коррективки интенсивности нагрузки по изменению ЧСС осуществляется по специальному алгоритму, заданному инструктором, • прибор может работать в режиме обычного кардиолидера, что значительно расширяет его возможности, • при необходимости программа может быть изменена (усовершенствована) в зависимости от конкретных требований. МАУЦУ, разработанная нами, представляет собой носимый мини-компьютер на базе микроконтроллера ATMEL AT90S8535. Он включает в себя аналого-цифровой преобразователь, вычислительный блок, устройство управления, две области памяти - для программ и для данных, интерфейсные порты и счетчики/таймеры. Внешние интерфейсы компьютера: 4-строчный алфавитно-цифровой дисплей, 12-клавишная цифровая клавиатура, разъем для головных телефонов, стандартный последовательный интерфейс для передачи данных и разъем для подключения измеряемых цифровых и аналоговых сигналов. Алгоритм работы устройства формируется с помощью языка ATMEL AVR assembler на персональном компьютере и передается посредством параллельного интерфейса и программатора. К МАУЦУ через разъём подключается разработанный нами оптоэлектронный датчик частоты сердечных сокращений. МАУЦУ постоянно задает частоту двигательных циклов (темп движения) тренирующемуся с помощью звукового (или светового) сигнала. Задавая уровень нагрузки, аппарат начинает программно корректировать интенсивность нагрузки занимающегося. Причем, чем больше ЧСС реальная (тренирующегося) отличается от ЧСС заданной, тем сильнее изменяется темп движения по разработанному нами алгоритму. За счёт этого циклические движения получаются более ровными - без резких изменений в скорости. Организация исследования Для выявления эффективности МАУЦУ нами проведено медико-педагогическое исследование (3,5 месяца). Для этого нами были обследованы

более ста студентов основной группы первых-вторых курсов обучения (17-19 лет), из которых было отобрано 26 юношей: • не имеющих острых хронических заболеваний; • не занимающихся спортом и оздоровительной физической культурой; • регулярно посещающих занятия по физическому воспитанию. Студенты были разделены на две группы экспериментальную и контрольную (по 13 человек в каждой группе). Группы формировались методом случайной выборки. Занятия в группах проходили два раза в неделю по расписанию университета. Все студенты занимались у одного преподавателя, по одной и той же программе. Отличие состояло только в кроссовой подготовке: студенты контрольной группы занимались в традиционных условиях, а экспериментальной - с использованием МАУЦУ и применением велоэргометра. На кроссовую подготовку на каждом занятии в обеих группах отводилось 15 минут. Интенсивность нагрузки в кроссовой подготовке в экспериментальной группе определялась (задавалась) по ЧСС: • 130 ударов в минуту - первые две недели занятий (4 занятия); • 140 ударов в минуту - вторые две недели занятий (4 занятия); • в остальное время (28 занятий) в педагогическом эксперименте задавалась оптимальная ЧСС, которая определялась по формуле К. Купера: $ЧСС_{опт} = (205 - \text{возраст}/2) \times 0,8$, и составляла 156 уд./мин. Статистическая обработка собранного фактического материала проводилась с использованием методов математической статистики. Вероятностная оценка значимости различий осуществлялась с использованием двустороннего t-критерия Стьюдента. Статистически значимым считался результат с вероятностью $p < 0,05$. Все результаты обработаны на персональном компьютере с помощью программы математической статистики «Unistat Statistical Package v 5.0», интегрированной в табличный процессор Microsoft Excel 2002. Результаты исследований Студенты, участвовавшие в исследовании, прошли тестирование, результаты которого приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Показатели медико-биологического исследования студентов перед началом и после проведения педагогического эксперимента

Показатели	Контрольная группа	Экспериментальная группа
Достоверность различий при $p < 0,05$	До эксперимента	После эксперимента
Тест Купера, м	$2376 \pm 77,6$	$2378 \pm 50,2$
Проба Штанге, с	$40,3 \pm 3,84$	$41,9 \pm 3,16$
Индекс функциональных изменений, баллы	$2,04 \pm 0,051$	$2,05 \pm 0,052$
Индекс Руффье, усл. ед.	$12,21 \pm 1,461$	$12,12 \pm 1,326$

Таблица 2 - Показатели вариационной пульсометрии перед началом и после проведения педагогического эксперимента

Показатель	Пара-метры	Контрольная группа	Экспериментальная группа
ИИ (усл. ед) выше	X n	237,7	221,8
	X n	2357,1	233,1
ИИ (усл. ед) норма	X n	84,7	88,4
	X n	77,7	92,4
ИИ (усл. ед) ниже	X n	42,3	37,1
	X n	32,5	18,3
Mo, с	выше	0	0
	ниже	0,729	0,740
AMo, %	выше	60,8	65,2
	ниже	23,4	23,0
dX, с	выше	0,434	0,425
	ниже	23,4	23,0

0,428 8 0,456 3 норма 0,335 3 0,270 2 0,210 2 0,24 8 ниже 0,110 1 0,140 1 0,116 3 0,13 2

Обсуждение результатов Суммарные показатели медико-биологического исследования выявили (по большинству параметров) некоторое ухудшение механизмов адаптации у большинства студентов контрольной группы (табл. 2). По нашему предположению, это может быть связано с:

- наступлением сессии у студентов;
- несоответствием некоторых нагрузок на организм занимающихся во время занятий по физическому воспитанию уровню их подготовленности.

В экспериментальной группе суммарные показатели медико-биологического исследования демонстрируют существенное улучшение механизмов адаптации у большинства студентов, что, в первую очередь, сказалось на улучшении состояния симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (результаты вариационной пульсометрии параметры AMo и dX), интегрального показателя уровня метаболических процессов в организме, уровня психофизиологической активности человека (результаты омега-потенциалометрии) и сердечно-сосудистой системы (тест Купера, проба Штанге, индекс Руфье). Опираясь на результаты исследования, можно утверждать, что метод автоматизированного управления нагрузкой с использованием МАУЦУ является эффективным для укрепления здоровья. Перспективным является дальнейшее совершенствование алгоритма корректировки интенсивности нагрузки в зависимости от изменения частоты сердечных сокращений, а также нескольких биологических и биомеханических показателей. Настоящая система в качестве устройства управления использует мини-компьютер, что дает некоторые преимущества перед традиционными тренажерными устройствами: позволяет не только осуществлять автоматическое регулирование величины нагрузки, но и задавать ее индивидуально каждому спортсмену, помещать в базу данных результаты каждого выполненного упражнения. Преимущества программной обработки очевидны. Во-первых, универсальность: небольшим изменением настроек программы из пользовательского интерфейса можно радикально изменить алгоритм обработки и критерии принятия решения о формировании уровня нагрузки для испытуемого; во-вторых, записанные данные могут быть использованы в более сложных расчетах для получения новых данных из уже проведенного эксперимента и их статистической обработки. Все эти преимущества в конечном счете улучшают результаты занятий. Данная АСУ позволяет каждому человеку индивидуально дозировать величину нагрузки, что значительно бережет здоровье и дает высокий тренировочный эффект. Тренировочная нагрузка формируется с учетом заданных тренером параметров, причем тренер никак не ограничивает тренировочные возможности спортсмена, а лишь указывает желаемые результаты. Тренировочная нагрузка увеличивается по мере адаптации организма к ней. Таким образом, решена одна из задач по разработке автоматизированной системы управления тренировочным процессом с индивидуальным дозированием нагрузки на основе ответной реакции

организма занимающихся.