



УДК 627.8:621.22

В.И. Гуменюк, Б.С. Доброборский, М.Е. Федосовский

РОТАЦИЯ КОНТРОЛИРУЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА КАК СРЕДСТВО УМЕНЬШЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Одна из основных проблем влияния человеческого фактора на надежность энергетических объектов связана со свойством организма человека к фенотипической адаптации. В результате фенотипической адаптации происходит физиологический процесс ослабления реакции человека на источники опасности в результате их длительного воздействия. Это свойство обусловлено законами термодинамики биологических систем и принципами функционирования живых организмов.

Принцип функционирования живых организмов заключается в том, что все биохимические и связанные с ними энергетические процессы происходят непрерывными чередующимися циклами. Этот принцип позволяет живым организмам в значительных пределах изменять определенные физиологические свойства, в том числе и реакции на источники опасности, — человек к ним привыкает и его реакция на них в значительной мере снижается.

Именно по этой причине во всех отраслях промышленности, в том числе и на объектах энергетики, происходят массовые нарушения самых разных нормативных документов — технологических процессов, стандартов, инструкций по технике безопасности и т. д. — даже в тех случаях, когда эти нарушения непосредственно угрожают жизни и здоровью, а так же уголовной ответственностью. Отсутствие учета этого свойства организма человека при разработке машин, промышленного оборудования и технологических процессов нередко приводит к авариям и катастрофам.

В качестве примера можно привести аварию на Саяно-Шушенской ГЭС, когда не было принято никаких мер при четырехкратном превышении вибрации аварийного энергоблока.

Целью выполненных нами исследований была количественная оценка фенотипической адаптации оперативного персонала при эксплуатации

энергетических объектов и ее влияния на надежность энергетических объектов.

В программу входили теоретические и экспериментальные исследования процессов фенотипической адаптации, в которых производилось ее изучение при различных психологических нагрузках. Исследования проводились на добровольцах с применением специальной компьютерной программы «Loqus 2003.1.Еп».

Природа и закономерности фенотипической адаптации связаны с закономерностью функций живых организмов. Основной принцип функционирования живых организмов, включая организм человека, заключается в непрерывных чередованиях потребления и выделения энергии в основном при фотосинтезе (у растений) или синтезе из продуктов питания и расщеплении аденозинтрифосфата (АТФ). При этом выделяемая энергия всегда больше расходуемой на синтез.

Этот процесс обеспечивает живым организмам устойчивое неравновесное термодинамическое состояние, за счет которого путем соответствующих биохимических реакций в живых организмах происходят процессы, обеспечивающие их жизнедеятельность. Внешне он проявляется в виде биоритмов.

На рис. 1 показаны типовые графики процессов синтеза и расщепления АТФ, которые в общем случае подчиняются закону действующих масс. Как видно, в результате последовательных чередований циклов биохимических реакций синтеза и расщепления АТФ соответственно протекают и термодинамические процессы затрат и выделения энергии, причем количество выделяемой энергии больше потребляемой.

Среднее значение разницы между выделяемой и потребляемой энергией больше нуля — $W_{cp} > 0$.

На рис. 1 изображены: а) график чередования фаз синтеза и расщепления веществ; б) гра-

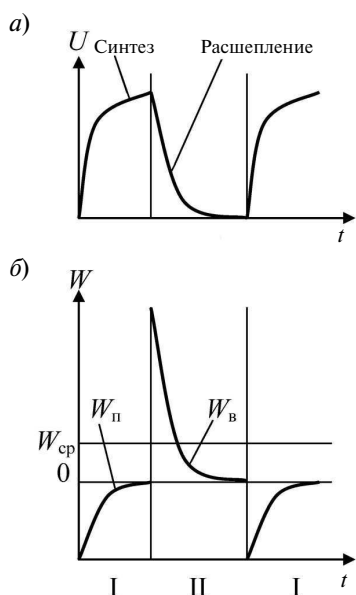


Рис. 1. Типовые графики синтеза и расщепления АТФ и сопровождающие их термодинамические процессы

фик чередования фаз потребления и выделения энергии; I — фаза потребления энергии; II — фаза выделения энергии; $W_п$ — энергия потребления; $W_в$ — энергия выделения; $W_ср$ — среднее действующее значение выделяемой энергии.

Величина энергии $W_ср$ всегда больше нуля и непосредственно зависит от реакции клетки на воздействия внутренней и внешней среды в виде ферментативной регуляции процессов синтеза и расщепления АТФ. Датчиками, определяющими скорость и характер метаболических процессов в клетках, служат аллостерические модуляторы и гормоны, непрерывно контролируемые их термодинамическое состояние. Устойчивость неравновесного термодинамического состояния клеток обеспечивается следующим образом. При минимальном значении неравновесного термодинамического состояния клетки датчики включают режим расщепления АТФ, в результате чего их энергетика начинает возрастать, достигая некоторого максимального значения. При максимальном значении неравновесного термодинамического состояния клетки датчики включают режим синтеза АТФ, в котором энергетика организма начинает уменьшаться.

Таким образом, устойчивость неравновесного термодинамического состояния клеток заключается в том, что величина этого состояния

всегда непрерывно колеблется в пределах, определяемых аллостерическими модуляторами и гормонами.

Поскольку каждая клетка представляет собой полноценный микроорганизм, находящийся в устойчивом неравновесном термодинамическом состоянии, образуемые этими клетками органы, системы и целостные организмы также находятся в устойчивом неравновесном термодинамическом состоянии.

Причем, поскольку все биохимические процессы в этих клетках взаимосвязаны, то функционирование органов, систем и целостных организмов обеспечивается путем соответствующих совокупных синхронных интегральных колебаний неравновесного термодинамического состояния клеток.

Это находит свое выражение в периодических колебаниях физиологических параметров (функциональных сдвигов) органов, систем и целостного организма. Наглядным примером здесь может служить последовательность сокращений и расслаблений сердечной мышцы: при сокращении сердечной мышцы у входящих в нее клеток происходят синхронные процессы расщепления АТФ, а при расслаблении — процессы синтеза АТФ.

Здесь необходимо отметить установленное статистически достоверно, что при последовательных циклах сокращения и расслабления сердечной мышцы в этих процессах одновременно, интегрированно и синхронно происходят соответствующие биохимические реакции у огромного количества клеток, каждая из которых в составе сердечной мышцы выполняет свою роль. При этом частота сердечных сокращений определяется термодинамическим состоянием всего организма и может колебаться в зависимости от испытываемой организмом нагрузки в достаточно больших пределах. Аналогично происходят соответствующие колебательные процессы в системе дыхания, центральной нервной системе и других.

Анализируя любые физиологические процессы, нетрудно убедиться, что отнюдь не все клетки, вовлеченные в эти процессы, ведут себя как солдатики, четко выполняя предписанную им роль.

В живых организмах, являющихся открытыми термодинамическими системами, непре-

рываются происходят различные необратимые процессы. Поэтому условия существования и жизнедеятельности каждой клетки непрерывно меняются, и соответственно меняются (перераспределяются) их роли в интегральных процессах, происходящих в органах и системах.

Однако статистически, в результате действия большого количества клеток, они в конечном итоге производят те действия, для которых предназначены, в данном случае — последовательные сокращения и расслабления сердечной мышцы в необходимом ритме.

В организме человека на воздействие любых нагрузок реагируют все органы и системы.

Из них наиболее четко и оперативно реагирует сердечно-сосудистая система, так как остановка ее работы даже на несколько минут может привести к гибели организма.

Несколько свободнее, но в достаточно жестких пределах работает система органов дыхания, периодические процессы которой человек может в незначительной степени сознательно регулировать.

В еще более свободном режиме колебаний работают некоторые центры головного мозга, система пищеварения и другие.

Человек может позволить себе в определенных пределах нарушать ритм сна и бодрствования, ритмы потребления пищи и некоторые другие. Однако допустимая величина всех этих нарушений в значительной степени зависит от общего состояния организма и от условий окружающей среды.

Поскольку органы и системы выполняют самые различные функции, то периоды колебаний параметров этих органов и систем, а также закономерности изменений этих колебаний могут быть самыми разными.

Нагрузка, которую испытывает человек впервые, вызывает повышенную интенсивность соответствующих биохимических реакций. После окончания действия нагрузки, при отдыхе в организме человека происходят с повышенной интенсивностью биохимические реакции, восполняющие израсходованные при нагрузке биохимические ингредиенты. При последующих нагрузках повышенный объем биохимических ингредиентов, участвующих в реакциях, постепенно становится нормальным, так как в результате многократных повторений нагрузок весь

организм человека постепенно подстраивается под эти нагрузки. Эти процессы и являются фенотипической адаптацией.

Результаты проведенных нами исследований фенотипической адаптации на добровольцах с использованием компьютерной программы «Loqus2003.En» приведены на рис. 2, где показан график процессов фенотипической адаптации.

В процессе исследований изучались реакции человека на часто и редко повторяющиеся источники психологических нагрузок: смыслового и несмыслового шума.

Как видно из графика на рис. 2, интенсивность Re реакции организма человека на раздражители при частом повторении их воздействия в результате процессов фенотипической адаптации значительно уменьшается.

Однако с ростом перерывов между воздействиями раздражителя интенсивность Re реакции начинает возрастать с обратной закономерностью — это видно из рис. 3.

Здесь необходимо обратить внимание на тот факт, что процессы фенотипической адаптации на раздражители и реадaptации при отсутствии раздражителей — это естественные свойства живых организмов, следствие соответствующих биохимических процессов, которые принципиально невозможно остановить или прекратить с помощью тренировок, инструкций либо уголовной ответственности.

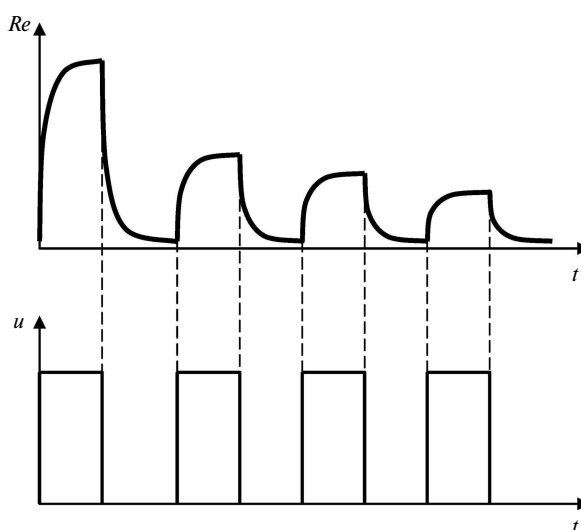


Рис. 2. Зависимость интенсивности Re реакции на раздражитель u от времени t при частом повторении его воздействия

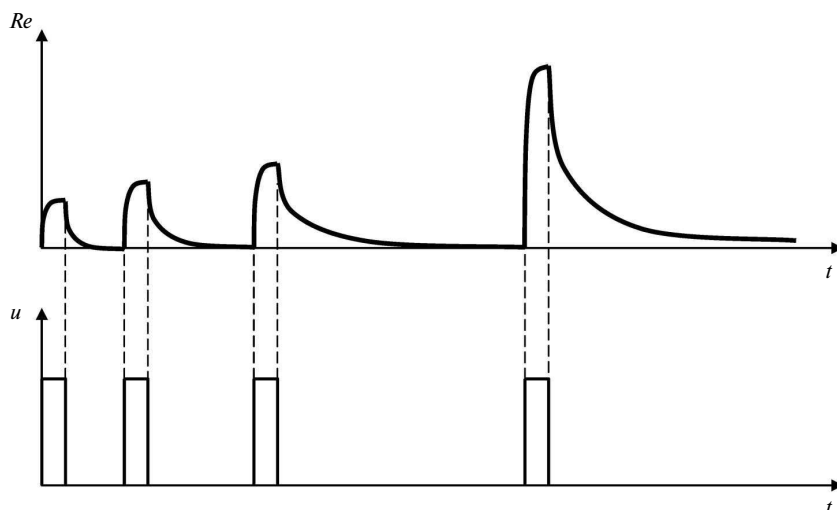


Рис. 3. График изменения интенсивности Re реакций на раздражитель u при увеличении периодов повторения действия раздражителей

Поэтому при организации работ либо технологических процессов на энергетических объектах для предотвращения чрезвычайных ситуаций их необходимо максимально учитывать путем принятия соответствующих мер.

В частности, такой мерой может служить периодическая ротация служебных обязанностей оперативного персонала.

Однако такой путь решения проблемы практически реализовать сложно в связи с разной квалификацией и специализацией сотрудников энергетических объектов и рядом других причин.

Другими мерами могут служить ротация специалистов, осуществляющих периодический

технический контроль, а так же руководителей однотипных энергетических объектов.

Эти меры технически могут быть реализованы в полном объеме.

Как показали предварительные расчеты, для обеспечения безопасной эксплуатации энергетических объектов период взаимных проверок специалистами технического контроля должен составлять 3–4 месяца, а период ротации руководителей — 2–3 года. Именно в течение этих сроков начинают существенно влиять на безопасность энергетических объектов процессы фенотипической адаптации оперативного персонала и его руководителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Доброборский, Б.С.** Термодинамика биологических систем: учеб. пособие [Текст] / Б.С. Доброборский / Под ред. проф. Е.С. Мандрыко.— СПб., 2006.— 52 с.

2. **Золина, З.М.** Руководство по физиологии труда [Текст] / З.М. Золина, Н.Ф. Измеров.— М.: Медицина, 1983.— 528 с.