

Мы продолжаем серию редакционных статей, направленных на то, чтобы дать читателям более объемное представление о материалах, представленных в журнале. Мы надеемся, что данный материал позволит Вам немного лучше сориентироваться в этом номере и привлечет Ваше более пристальное внимание к какой-нибудь из опубликованных статей.

В статье Свириденко А. Б. о прямых мультипликативных методах для разреженных матриц рассматриваются численные методы линейной алгебры, разрабатывается подход к построению численно устойчивых методов решения систем линейных уравнений. Данная статья является естественным продолжением статей автора, опубликованных в нашем журнале в номере 4 за 2015 год и в номерах 1 и 6 за 2016 год. Линейная алгебра является одним из основополагающих разделов математики, а, поэтому, численные методы линейной алгебры используются, наверное, при решении подавляющего большинства прикладных задач. По этой же причине, при появлении компьютеров с возможностью распараллеливать вычислительный процесс, огромное внимание было сосредоточено на построении параллельных алгоритмов линейной алгебры. Таким образом, любое улучшение алгоритмов, используемых в вычислительной линейной алгебре, воплощенных в работающие программы и включенных в стандартные библиотеки, имеет огромное прикладное значение.

В статье Матюшкина И. В. о клеточно-автоматных методах решения классических задач математической физики на гексагональной рассматриваются вопросы реализации этого подхода к решению трех классических уравнений в частных производных, а именно волнового, Лапласа и диффузии. Статья во многом носит методический характер, поэтому должна быть интересна большому кругу читателей, включая студентов, осваивающих различные численные методы вычислительной физики. Клеточные автоматы, как математические объекты, появились уже довольно давно. Были получены интересные теоретические результаты, например, что клеточный автомат, называемый Игра «Жизнь», эквивалентен универсальной вычислительной машине. Клеточные автоматы использовались и для моделирования различных конкретных процессов, но глубокого, систематического, разностороннего исследования возможностей клеточных автоматов, как вычислительных методов для решения уравнений математической физики, практически не проводилось. Надеемся, что рассматриваемая статья обратит внимание исследователей на задачи, возникающие в этой области вычислительной науки.

Статья Козак Л. Я. о преобразовании исходных показателей технологического процесса выплавки стали для последующего моделирования посвящена предварительной статистической обработке данных, характеризующих реальный производственный процесс. Особое значение имеет то, что данные получены на конкретном производстве — Молдавском металлургическом заводе, а результаты работы ориентированы на внедрение в производственный процесс. Хотелось бы отметить и методологическую ценность представленной работы, которая содержит не только достаточно подробное описание технологии статистической обработки исходных данных, что может быть полезно молодым исследователям, но и ссылку на учебную литературу, ориентированную на подготовку соответствующих специалистов.

Статья Борисова А. В. и Розенבלата Г. М. о новых алгоритмах составления дифференциальных уравнений движения экзоскелета с переменной длиной звеньев и управлением в шарнирах-суставах является классическим примером работы, в которой строится и исследуется модель действующей механической системы. Но хотелось бы обратить внимание читателей на пару любопытных моментов этой работы. Во-первых, при построении модели, представляющей из себя систему дифференциальных уравнений, использовалась система компьютерной математики, и в работе обсуждаются методы, наиболее подходящие для использования таких систем.

Во-вторых, моделируемая система является экзоскелетом, то есть системой очень тесно взаимодействующей с человеческим телом. Поэтому очень важной составляющей, проведенного исследования, является поиск конструктивного варианты изучаемой системы, который был бы наиболее комфортен в использовании.

Статья Подгорного К. А., Дмитриевой О. А., Семеновой А. С. и Леонова А. В. об исследовании взаимосвязей размерных и продукционных характеристик фито- и зоопланктона в Вислинском и Куршском заливах Балтийского моря посвящена построению математической модели экосистем этих заливов. Статья содержит очень подробный анализ целого класса моделей, описывающих подобные системы, факторов, которые они учитывают, и работ, в которых исследуются эти модели. Первая часть статьи, которая и публикуется в данном номере журнала, авторы детально обсуждают факторы, которые они учитывают в исследуемой модели, проводят статистический анализ данных, полученных в результате многолетних наблюдений моделируемых экосистем, и строят регрессионные зависимости, описывающие поведение наблюдаемых параметров. Далее в работе приводится динамическая модель планктонной пищевой цепи, которая является развитием модели, исследованной ранее одним из авторов, и учитывающая поведение параметров экосистемы, полученных в результате статистического анализа данных наблюдений. Приводится подробный анализ структуры модели. Исследование динамики предложенной системы авторы собираются представить в дальнейших публикациях.

Статья Андреевой А. А., Николаева А. В. и Лобанова А. И. об исследовании точечной математической модели полимеризации фибрина посвящена одному из вопросов прикладной медицинской биофизики, а именно образованию фибрин-полимерных сгустков в процессе свертывания крови. Особенность предложенной модели является то, что в ней описывается нелинейный процесс полимеризации фибрина. Более ранние модели, как правило, предполагали, что полимеризация происходит мгновенно. Обсуждена задача о чувствительности решений к константам химических реакций. В статье также обсуждаются численные методы, необходимые для исследования предложенной модели.

Следующая статья Трегубова В. П. о математическом моделировании неньютоновского потока крови в дуге аорты также посвящена одному из вопросов прикладной медицинской биофизики, а именно математическому моделированию пульсирующего течения крови по участку аорты с учетом ее геометрической структуры. Автор обсуждает свойства крови, которые необходимо учитывать при моделировании ее течения. Описана математическая модель, численные методы и программный пакет, который использовался при расчетах.

Статья Прядина Р. Б. и Степанцова М. Е. об одном подходе к имитационному моделированию спортивной игры с дискретным временем рассматривает задачу оценки не только исхода матча, но вероятности достижения каждого из возможных промежуточных результатов. Статья носит, во многом, методический характер, обсуждая, на примере теннисного матча, возможные подходы к моделированию различных игровых видов спорта с дискретным временем. Аналогичные задачи, но для систем с непрерывным временем обсуждались в другой статье этих же авторов, напечатанной в нашем журнале в № 6 в 2014 году.

Этот номер журнала, помимо привычных тематических разделов, содержит специализированный — Компьютерное моделирование в спорте. В последние десятилетия во всем мире резко возрос интерес к математическому моделированию в физиологии и медицине. Пожалуй, не осталось органа, системы или процесса в организме человека, для которого не была бы предложена попытка построения математической модели. Отдельным направлением является моделирование состояния организма, подвергшегося экстремальным нагрузкам и воздействиям, в том числе в спорте высших достижений. Применение математических методов к задачам в спорте еще только начинается. Нормальные показатели жизнедеятельности профессиональных спортсменов уровней от мастера спорта до члена олимпийской сборной могут существенно отличаться от показателей и здоровых и больных людей. В результате тренировочного процесса под действием краткосрочных и долгосрочных интенсивных физических нагрузок организм спортсмена адаптируется, происходят необратимые изменения, позволяющие достигать рекордных результатов. Однако, эти изменения необходимо так же учитывать при реабилитации

спортсменов после их ухода из большого спорта. Функционирование дыхательной и сердечно-сосудистой систем является основным лимитирующим фактором для большинства видов спорта. Поэтому центральными задачами в спорте высших достижений является анализ этих систем в условиях интенсивных физических нагрузок, а также разработка и оптимизация тренировочного процесса направленного на повышение эффективности этих систем. Другую важную область применения математических методов в спорте формируют задачи механики и биомеханики, связанные с оптимальным положением и движением тела спортсмена, а также используемых им снарядов. В раздел вошли статьи, демонстрирующие различные методы и подходы к актуальным задачам спорта и спортивной медицины. Интересной особенностью этого раздела является то, что авторы большинства представленных математических моделей являются одновременно и исполнителями части экспериментальных исследований, используемых для валидации и апробации результатов. Работы были представлены и обсуждались в рамках секции «Математические методы и информационные технологии в спорте» Научно-практической конференции по вопросам спортивной науки в детско-юношеском спорте и спорте высших достижений, проходившей с 30 ноября по 2 декабря 2016 года в Центре спортивных технологий Москомспорта.

Статья Матюшева Т. В. и Дворникова М. В. посвящена анализу функционирования реакций респираторной системы человека в условиях гиперкапнии и гипоксии. В работе представлена новая модификация модели физико-химических свойств крови и кислотно-щелочного баланса опубликованной авторами ранее в других работах. Декомпозиция процессов газообмена организма с окружающей средой проводится с использованием модели физико-химических свойств крови и кислотно-щелочного баланса, модели активной химической регуляции на основе многофакторной модели Д. Грея, модели пассивной регуляции на основе системы уравнений материального баланса предложенной Ф. Гродинзом. Результаты расчетов хорошо согласуются с данными, полученными в исследованиях на испытуемых. Приведены сравнения как с данными литературы, так и с результатами собственных экспериментальных исследований.

Исследованию данного вопроса посвящена также следующая статья данного номера А. В. Голова и С. С. Симакова. В этой работе представлена математическая модель регуляции минутной вентиляции легких и частоты дыхательных циклов в условиях гипоксии и гиперкапнии как ответ на изменение концентрации кислорода и углекислого газа в центральном и периферическом регуляторах. Приводятся сравнения с экспериментальными исследованиями минутной вентиляции в условиях гипоксии и гиперкапнии представленными в литературе.

Рассматриваемые в первых двух статьях изменения внешней газовой среды отчасти воспроизводят тренировочные условия профессиональных спортсменов в условиях высокогорья и гипоксии, что является официально допустимым методом повышения гемоглобина в крови. Также эти модели позволяют проанализировать определенные аспекты состояния организма при высокоинтенсивной физической нагрузке, приводящей к образованию неметаболического избытка углекислого газа в крови в связи с утилизацией лактата.

Следующие две статьи посвящены анализу сердечно-сосудистой функции при интенсивных физических нагрузках. В статье Д. А. Усанова, А. В. Скрипаля, А. П. Аверьянова, С. Ю. Добдина и Е. О. Кашавцева представлен метод оценки риска сердечно-сосудистой недостаточности при физической нагрузке с использованием лазерной автодинной интерферометрии. Экспериментальная часть исследования проводилась на группе юных спортсменов и подростков при стрессовой физической нагрузке. Проводилось бесконтактное восстановление формы пульсовой волны лучевой артерии в области запястья с использованием полупроводникового лазерного автодина. Далее с помощью одного из методов обработки сигналов выполнялся анализ движение отражателя, в качестве которого выступала поверхность кожи над артерией. Были проанализированы следующие показатели: крутизна систолического подъема на участке быстрой и медленной фазы, скорость изменения пульсовой волны на катакроте, вариабельность кардиоинтервалов. Анализ поведения первой и второй производных восстановленного сигнала позволил отдельно рассмотреть особенности пульсовой волны в фазах быстрого медленного роста давления в период систолического подъема. В результате была установлена взаимосвязь

между аномалиями в форме пульсовой волны в сочетании с ваготоническим типом нервной регуляции сердечно-сосудистой системы и повышением вероятности возникновения коллапсоидной реакции при физической нагрузке.

Статья В. Р. Орла, Р. В. Тамбовцевой и Е. А. Фирсовой посвящена анализу влияния сократимости сердца и его сосудистой нагрузки на частоту сердечных сокращений у спортсменов. В данной работе с помощью парного регрессионного анализа исследуется чувствительность частоты сердечных сокращений (ЧСС) у спортсменов к изменениям сосудистой нагрузки и сократимости сердца. Проводилась одновременная регистрация данных ЧСС, периферического и эластического сопротивлений и механической мощности сердечных сокращений в покое и при выполнении мышечной работы на велоэргометре. В результате показано, что с ростом мощности нагрузки и увеличением ЧСС возрастают также коэффициенты корреляции и чувствительности между ЧСС и показателями сосудистой нагрузки сердца и его сократимости.

Статья В. В. Жарковой, А. Е. Щеляева, Ю. В. Фишер посвящена численному моделированию обтекания тела спортсмена при прыжках на лыжах с трамплина при различных режимах его движения и набегающего потока. Численное моделирование выполнялось с помощью программного комплекса FlowVision. Использовалась декартова сетка с локальной адаптацией в областях высокого градиента давления и вблизи границ со сложной геометрической формой. Для расчетов применялся метод конечных объемов с расщеплением по физическим процессам. Разработанная методика была апробирована на примерах данных спортсменов, совершавших прыжки на лыжах с трамплина в рамках подготовки к олимпиаде в Сочи в 2014 году.

В статье М. И. Шпитонкова продемонстрировано применение методики корреляционной адаптометрии к анализу эффективности тренировочного процесса спортсменов и курсов медикаментозной терапии в медико-биологических приложениях. При построении модели предполагается, что плотность распределения численности биологической популяции удовлетворяет уравнению Колмогорова–Фоккера–Планка. Продемонстрировано использование разработанной методики для оценки напряженности тренировочных нагрузок у гребцов академической гребли трех возрастных групп. Также были выполнены оценки эффективности различных стратегий медикаментозного лечения больных с ожирением и заместительной гормональной терапии у женщин. С помощью разработанной математической модели обоснованы рекомендации, позволяющие повысить эффективность рассмотренных видов лечения.

С уважением,
от имени редакции,
редактор раздела Компьютерное моделирование в спорте

Н. А. Митин,
С. С. Симаков