



## Энергетический кризис планете не грозит

В минувшем году «Северный край» познакомил читателей с директором Института программных систем (ИПС) имени А. К. Айламазяна Российской академии наук членом-корреспондентом РАН Сергеем Абрамовым, который рассказал об уникальной системе подготовки научных кадров в городе Переславле («Академики растут в детском саду», «СК», 27.11.2011). Сегодня разговор на эту важную тему продолжает его коллега — главный научный сотрудник ИПС, доктор технических наук, профессор Анатолий Цирлин. Он автор 15 монографий по управлению технологическими процессами и макросистемами, работал в университетах США, Дании и Австралии.

— **Анатолий Михайлович, в институте вы много лет были руководителем Центра системного анализа. Расскажите, что это за структура и для чего она создана?**

— Альфред Карлович Айламазян, наш первый директор, подошёл к формированию института очень просто: он отобрал из состава выпуска факультета прикладной математики МГУ 1985 года выпускников с красными дипломами, а для руководства ими пригласил действительно ярких учёных. Одним из них был академик Никита Николаевич Моисеев, замечательный человек и учёный, ставший первым научным руководителем Центра системного анализа. Это он в своё время осуществил моделирование последствий ядерной войны и доказал, что за ней наступит многолетнее жестокое похолодание — «ядерная зима». Полагаю, что именно это убедило в необходимости «разрядки» Брежнева и других бывших руководителей СССР, которые вгрохали бешеные деньги в строительство подземных ядерных убежищ для себя и своих семей.

Сейчас сотрудники Центра системного анализа занимаются исследованием предельных возможностей макросистем, теорией дифференциальных уравнений и информационными системами в образовании.

— **А что такое макросистемы?**

— Это системы, состоящие из столь большого числа элементов, что каждым из них управлять невозможно. Самым изученным классом макросистем являются системы физической природы. Их изучает термодинамика. Но вообще макросистемы бывают разные. Элементами экономических макросистем являются покупатели, продавцы, домашние хозяйства, и для общества немаловажно знать, как они взаимодействуют между собой. В социальных макросистемах изучаются пассажиропотоки, миграция населения и прочее. Для всех макросистем характерно то, что процессы в них делятся на «естественные» и «противоестественные». Проведение первых не требует затрат энергии извне (в экономике — затрат капитала), вторые без этих затрат невозможны. Например, растворение сахара в стакане чая происходит без внешних усилий, а вот обратный процесс добычи сахара из сладкого чая никому в голову не приходит, хотя и возможен. Товар естественно перетекает на тот рынок, где он дороже, как и теплота от горячего к холодному телу, но не наоборот.

Получать полезную работу или электрическую энергию в макросистемах физической природы либо извлекать капитал в экономических системах можно только за счёт «естественных» процессов. А те в свою очередь возникают, только если параметры (температуры, цены...) контактирующих подсистем различны.

— **Можно ли об этом подробнее, допустим, на примере термодинамики? Имеются ли в этой области какие-то новые идеи или разработки?**

— Остановлюсь на одной задаче — извлечении работы за счёт контакта двух макросистем с разными составами. Подобная задача давно решена для систем с разными температурами — это тепловые машины.

Чтобы полнее использовать их возможности, нужно сжигать топливо, которого становится всё меньше. Получать же работу за счёт различия состава очень заманчиво. Такое устройство называют «диффузионной машиной», ведь естественный процесс, за счёт которого работает такая машина — это смешение (диффузия) жидкостей или газов разного состава.

Возможности диффузионных машин огромны. Одна подсистема — солёный океан, другая — пресные воды рек. Гигантскую работу по разделению воды на пресную и солёную делает солнце, испаряя воды океанов, так почему же хоть часть её не получить, извлекая из «естественного» процесса диффузии? Часто говорят о потерях энергии за счёт лесных пожаров, разливов нефти, потерях при передаче энергии в линиях электропередачи. В действительности энергия не теряется, этого ей не позволяет закон сохранения. Но она рассеивается («диссипирует»), так что превратить её в работу становится невозможным. И лесной пожар, и тёплые провода электропередач подогревают атмосферу. При этом энергия становится «неработоспособной».

Так вот, никакие потери работоспособной энергии несоизмеримы с теми ресурсами, которые имеют место при впадении рек в моря и океаны. Если бы мы умели строить диффузионные машины и превращать в работу энергию, рассеивающуюся при смешении вод Волги и Каспийского моря, то могли бы получать её во много раз больше, чем от всех волжских гидростанций вместе взятых.

**— Эту задачу, скорее всего, будут решать наши потомки, когда на земле иссякнут запасы нефти, угля и других источников энергии. Но можно ли сегодня подсказать им пути её решения?**

— Тему о возможностях диффузионных машин я поставил нашему аспиранту Жене Лескову. Он начал с обзора, кто, когда и как строил такие машины. Оказалось, что мы далеко не первые, во время Второй мировой войны немцы имели в составе флота несколько подлодок с «солевыми» двигателями, охотившиеся на конвои союзников, следовавшие в Мурманск.

Кстати, подобный двигатель может построить каждый школьник. Достаточно взять яйцо, аккуратно просверлить иглой шприца дырочку в его остром конце и через ту же иглу вытянуть всё содержимое. Затем с использованием шприца наполнить яйцо крепким раствором соли, предварительно растворив её в горячей воде. Осталось прикрепить яйцо с помощью клейкой ленты подо дном детского кораблика и опустить такой «корабль» в ванну с водой. Из отверстия в яйце начнёт выходить струя воды, и яйцо превратится в реактивный двигатель. Процесс диффузии через мембрану, роль которой играет скорлупа и плёнка под ней, гонит пресную воду внутрь яйца и вытесняет раствор через отверстие в нём, превращаясь в работу. Ведь солёный раствор мембрана не пропускает.

Немцам «соляные» лодки были нужны как абсолютно бесшумные, их не могли обнаружить эхолоты английских эсминцев. Заметим, что и первые преобразователи тепловой энергии в работу — вовсе не тепловые машины Уатта, Ползунова и других, а ракеты древних китайцев.

Женя Лесков обнаружил не только «соляные реактивные двигатели», он нашёл в Интернете специальный сайт ООН, посвящённый диффузионным машинам. При этом ни одной работающей модели построено не было.

В самом упрощённом представлении схема диффузионной машины такова: в цилиндр, где находится солёная вода — «топливо» такой машины, через полупроводящую мембрану поступает пресная, общий объём стремится возрасти, и жидкость оказывает давление на поршень. Оно может достигать значительных величин, порядка 20 килограммов на квадратный сантиметр. Поршень движется и совершает механическую работу. Разбавленный раствор («выхлоп» диффузионной машины) сбрасывается в отходы. Таким образом, эта машина экологически совершенно чистая.

Однако характеристики подобных машин, методы расчёта и варианты конструкции, в отличие от тепловых, были совсем не исследованы. Особенно важно было оценить влияние различных факторов на мощность диффузионной машины, КПД был не столь важен, ведь «топлива» — целый океан! Для получения таких оценок нужно было использовать аппарат «оптимизационной термодинамики», развитие которого в России связано с работами Институтов проблем управления и ИПС РАН, выполненными в течение последних тридцати лет в сотрудничестве с учёными США, Дании и Германии.

Исследование Лескова позволило найти количественную связь между характеристиками мембран (обязательная часть диффузионной машины), растворов и той максимальной мощностью, которую она может развивать. Расчёты показали, что для применяющихся сейчас мембран и растворов соли с концентрацией, соответствующей морской воде, мощность диффузионной

машины на один квадратный метр мембраны примерно равна мощности электробритвы. Мы решили, что такие машины пригодятся нашим детям, когда изобретут новые мембраны.

Однако прошёл всего лишь год после успешной защиты диссертации Жени, когда появилось сообщение, что в Норвегии построена первая электростанция, работающая за счёт разности концентраций солёной и пресной воды. По всей вероятности, норвежским изобретателям удалось построить совершенно новые типы мембран. Никаких характеристик станции и тем более мембран не опубликовано, но очень вероятно, что уже наше поколение сможет использовать энергию диффузии, и у атомной энергетики появится реальный экологически чистый конкурент.

**— Какие ещё задачи решает Центр системного анализа в области макросистем?**

— Задач очень много как теоретических, так и вполне прикладных. Например, в химии и металлургии нужно утилизировать тепло десятков потоков с разными расходами и температурами. Как при этом выбирать поверхности контакта и организовать потоки в сложных теплообменниках, чтобы «диссипация» энергии при заданной суммарной поверхности и суммарном потоке тепла была минимальной? Или в каком порядке делить многокомпонентные смеси при переработке нефти, чтобы при заданной производительности тратить минимум энергии? Сегодня нефть делят примерно на 12 веществ, тратя на процесс разделения более 6 процентов заключённой в ней энергии.

Очень актуальной задачей, особенно для России, является энергосбережение при отоплении производственных и жилых зданий. Наши специалисты ищут пути, как оптимально отапливать многоквартирное здание с использованием тепловых насосов. Работают они и в интересах участников потребительского рынка, решая задачу о том, как менять цены закупки, если по мере уменьшения запаса ресурса его цена на рынке возрастает, чтобы закупить за ограниченное время заданный объём ресурса с минимумом затрат.

А вам интересно, как сказывается на функционировании экономических макросистем деятельность налоговой службы, перераспределяющей доходы от «богатых» к «бедным» экономическим агентам? Проведённое в нашем Центре моделирование показало, что с ростом ставки налога сначала «бедные» выигрывают, а «богатые» теряют, но потом теряют все, кроме самой налоговой службы.

**— Переславль, пожалуй, является единственным в России малым городом, в котором при научном институте существует университет. Участвуют ли его студенты и выпускники в научных исследованиях?**

— Не совсем так, подобные университеты есть в Троицке и Сибирском академгородке. Я считаю, что качество высшего образования в России можно было бы повысить, создав систему Академического образования, куда могли бы поступить студенты со старших курсов университетов, заканчивая своё образование параллельно с работой в РАН.

Идею создания университета при нашем институте предложил профессор Владимир Гурман, но реализовать её без энергии и связей Альфреда Карловича было совершенно невозможно. Я чем мог помогал ему в этом, ездил в администрацию Президента РФ, занимался отбором первых студентов. Признаюсь, не очень верил в успех, но, к счастью, ошибся. Идею поддержали директора переславских предприятий. Сегодня студенты успешно учатся и составляют почти половину научных сотрудников института. Многие из них защищают диссертации, в том числе четверо — по макросистемной тематике.

Меня беспокоит то, что в аспирантуру приходят ребята, воспитанные теми же профессорами, с которыми им приходится работать. В этом есть очевидные плюсы, но и минусы очень велики. Во всех западных университетах стремятся брать в аспирантуру выпускников других учебных заведений, раз в три года каждый преподаватель должен провести один или два семестра в выбранном им университете (американцы, как правило, в Европе). Всё это интенсифицирует обмен идей, поэтому мы были бы рады «внешним» аспирантам.

**— Вы приехали в Переславль из Москвы уже профессором, не жалеете?**

— Наоборот, оказалось, что это было самым мудрым решением в моей жизни. В институте сохраняется созданная Альфредом Карловичем демократическая творческая атмосфера. Никакого почитания административных и научных званий, на учёном совете и на семинарах можно задавать самые «глупые» вопросы и выдвигать самые «нелепые» идеи. В институте приятно идти на работу, а это самое главное.