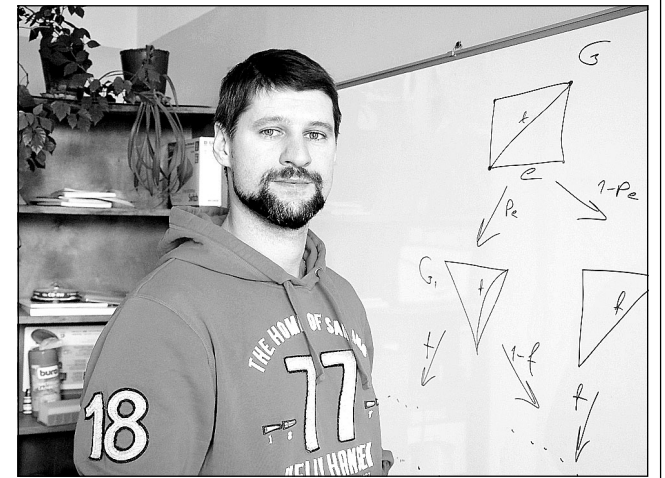


НАУКА ДЛЯ ОБЩЕСТВА

# Точность тока

Абстрактность и оторванность от реальности математики послужили поводом для десятков анекдотов. Однако все эти головоломные формулы можно использовать с вполне конкретными целями — например, сотрудник Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН к.ф.-м.н. **Денис Александрович Мигов** разрабатывает комплекс программ для анализа надежности электроэнергетических сетей



Комплекс объектов, снабжающих наши дома электричеством и теплом (станции, генераторы, линии передач и тому подобное) в значительной степени устарел. Он спроектирован и построен еще в прошлом веке и не рассчитан на сегодняшнее потребление электроэнергии, которое к тому же постоянно растет. С нагрузкой системы справляются, но с трудом. Им не хватает мощностей настолько, что в крупных городах типа Москвы к ним уже проблематично подключать новых потребителей, и с каждым годом ситуация становится все хуже. Такая проблема характерна не только для России, но и для всего мира.

Сети, по которым идет ток, имеют одну особенность: если пошел отказ узла или линии, это может спровоцировать отключение соседних элементов — ведь здесь электроэнергия никуда не исчезает (в отличие от принципа работы систем связи), а переносится на другие объекты. Все это происходит буквально мгновенно (был случай, когда при одной аварии шесть линий отказали в течение четырех секунд) и может спровоцировать каскадное отключение. В результате таких катастроф обесточенными оказываются целые города, области, страны, что влечет за собой огромные финансовые потери, а иногда — и человеческие жертвы. Аварии может вызвать любое внешнее воздействие, даже не зависящее от людей — например, дерево, сваленное грозой и упавшее на линию электропередач.

*Самое крупное каскадное отключение электричества произошло 14 августа 2003 года в США. Из-за одного короткого замыкания оказалась обесточенной территория в 24 тыс. кв. км. Авария затронула восемь штатов и канадскую провинцию Онтарио, где проживали свыше 50 млн человек. Без света остались крупнейшие города — Нью-Йорк, Кливленд, Оттава, Торонто. Перестали работать более сотни электростанций, общий ущерб составил 6 млрд долл.*

Подобных ситуаций можно избежать, если найти эффективные способы прогнозирования отказов элементов электросети. Чтобы каскадного отключения не произошло, необходимо как можно скорее локализовать вышедший из строя участок — как раковую клетку, которой важно не дать размножиться в организме.

Физики для преодоления этой проблемы разрабатывают аппарат, позволяющий выявлять узкие места — те, где велик риск отключения. Ученые же из Института вычислительной математики и математичес-

кой геофизики СО РАН пытаются решить ее с помощью стохастических (основанных на вероятности) методов — на их разработку в этом году был получен грант мэрии Новосибирска.

«Представим: у нас есть какая-то сеть с узлами и каналами связи — изобразим ее в виде простой структуры, имеющей 4 узла и 4 ребра, — рассказывает руководитель проекта к.ф.-м.н. Денис Александрович Мигов. — Каждый элемент здесь присутствует с определенной вероятностью — это и есть его надежность. Например, если она составляет 90%, то предположительно в 10% случаев агрегат откажет. На этой модели мы можем рассчитывать нужные стохастические показатели — в частности, вероятность взаимосвязи узлов и того, что выход из строя одного спровоцирует отключение другого».

Для такой простейшей структуры можно вычислить все на бумаге, но если в сети 100 элементов, сделать это вручную становится практически невозможно. На помощь приходят компьютеры, но и тут возможности не безграничны. «Есть такое понятие, как экспоненциальная сложность. Допустим, для сети со ста ребрами можно найти определенный показатель за минуту. Однако при появлении еще одного элемента время удваивается. Это такой класс задач — NP-трудных, которые очень трудно считать. По сути, нужно перебрать все варианты. Время, необходимое для анализа, становится больше в десятки раз, рост трудозатрат идет несоразмерно, — объясняет ученый. — Мы постоянно отодвигаем экспоненциальный рост при помощи наших методов и благодаря постоянно увеличивающейся мощности вычислительной техники (например, раньше она могла работать с сетью из 15 ребер, сегодня уже из 150-ти), но задачи, которые ставит действительность, чаще всего оказываются сложнее, там наши решения уже не подходят. Они, конечно, могут производить вычисления, но будут делать это миллион лет. Существуют еще приближенные методы (например, Монте-Карло), позволяющие брать сколь угодно большую размерность, но их недостаток в том, что на выходе получится неточный ответ».

Денис Мигов предложил подход к расчету надежности сетей, основанный на использовании их структурных особенностей. Эти «паутины», как правило, имеют узкие места — сечения или группы узлов, удаление которых делает конструкцию несвязной. То есть можно взять систему, разделить нужным образом (произвести ее декомпозицию) и перейти к подобластям, что позволяет существенно ускорить процесс вычислений.

Для учета каскадных отказов ученый решил использовать подходы, использующиеся для описания абстрактных структур. Изначально, как входные данные, у каждого элемента электросети имеется два значения надежности (они берутся из экспертных заключений и аналитических данных). Одно структурное — вероятность повреждения в результате износа или стихийного бедствия (последняя очень мала, практически равна нулю), второе — возможность того, что откажет другой структурный элемент, взаимосвязанный с первым (она уже гораздо больше) — как раз это и отражает «каскадность» процесса.

Задача исследователей: разработать методы и комплекс программ на их основе, которые смогут выявить в электроэнергетических системах «слабые места», то есть рассчитать, выход из строя каких именно элементов приведет к «глобальному» отключению. Это даст возможность оптимизировать сеть — покажет, где проложить еще одну линию, как перепроектировать структуру, чтобы в случае аварии напряжение распределялось по «соседям» равномерно.

Если проект по анализу электроэнергосетей получит дальнейшее развитие, предполагается использовать для него также методы Монте-Карло и уточнения кумулятивных оценок (на его разработку для других показателей надежности в этом году Денис Мигов получил грант РФФИ). Суть последнего: не подсчитывать интересующее нас число — на это могут уйти миллионы лет — а выявлять какой-то определенный порог надежности, определяя верхние и нижние границы допустимого значения, что позволит существенно сэкономить время при оптимизации структуры. Такой подход появился совсем недавно, и новосибирские ученые работают на мировом уровне.

Исследователь отмечает, что говорить о практическом применении программы по анализу электросетей еще слишком рано. «В случае с электроэнергетикой все непросто, нужно будет учитывать множество показателей, например, распределение напряжения, — утверждает Денис. — То, что мы сейчас делаем — это лишь приближение к реальности. Для внедрения наших разработок в жизнь потребуется тесное сотрудничество с физиками».

Диана Хомякова  
Фото автора

## Невостребованное богатство

Сибирь является уникальной территорией, богатой различными природными ресурсами — нефтью, газом, лесом и... торфом. Но последний, к сожалению, в настоящее время не востребован в должной мере — играет роль Золушки, наделенной массой достоинств, но которой — в отличие от старших сестер — не случилось попасть на бал во дворец. Изменится ли это неправильное положение вещей? Об этом мы беседуем с **Николаем Белоусовым**, директором Сибирского НИИ сельского хозяйства и торфа

Россия — одна из самых богатых стран в мире по запасам торфа, на ее территории сосредоточено более 40% мировых запасов. Общая площадь торфяных месторождений составляет более 80 млн га с разведанными и прогнозными запасами торфа 175 млрд тонн. Более 60% этого количества приходится на территорию Сибири, из которого около 30% — на долю Томской области, это второе место в Сибири после Тюменской области.

— Тем не менее в Томской области в настоящее время нет предприятий, занимающихся разработкой торфяных месторождений и добычей этого бесценного природного сырья. «Торфяной бум» пришелся на 70—80-е годы, когда государство вкладывало большие средства в добычу торфа для повышения плодородия сельскохозяйственных земель. Тогда в нашем регионе успешно действовало около десятка подобных предприятий. В 90-е годы весь этот сектор пришел в упадок: предприятия закрылись, торф стал неинтересен ни эконо-

мике, ни власти. Если он все же и появлялся на рынке, то это означало, что кто-то пользовался буртами, оставшимися с прежних времен, — рассказывает Николай Михайлович. — Очень важно, чтобы пришло понимание того, насколько перспективно это сырье. Поэтому институт активно развивает торфяное направление, ведет исследования в сфере болотных экосистем.

По этой тематике НИИ сельского хозяйства и торфа вот уже почти 30 лет успешно взаимодействует с Институтом природопользования НАН Беларуси, который имеет большой опыт в изучении и освоении торфяных месторождений, в производстве различных видов продукции из торфа. В рамках сотрудничества в начале осени в Томске состоялась Вторая международная научно-практическая конференция по торфу, организаторами которой наряду с НИИСХИТ выступили ИМКЭС СО РАН и НИ ТГУ. В работе конференции приняла участие и белорусская делегация, возглавляемая известным ученым, академиком НАН

Беларуси **Иваном Лиштваном**.

По итогам конференции был достигнут ряд значимых договоренностей. Силами двух научных учреждений планируется создание совместной научно-исследовательской лаборатории, которая будет заниматься проблемами изучения и освоения торфяных ресурсов Сибири. В Институт природопользования НАН Беларуси переданы данные геологической разведки томского месторождения «Темное» для подготовки проектно-сметной документации на его освоение.

— Планируем разработать такой проект, который заинтересовал бы потенциального инвестора. Главное его отличие — комплексный подход к освоению месторождения и использованию торфа, а также модульное построение перерабатывающих предприятий, т.е. поэтапное их строительство по мере готовности инвестора. Наш институт может предложить имеющиеся разработки — это производство гуминовых препаратов из торфа, которые уже при-



меняются в сельском хозяйстве и животноводстве, сорбентов, мелиорантов, грунтов и т.д. Сейчас планируем нарастить мощность наших опытно-промышленных установок, — отметил директор НИИ СХИТ.

В числе совместных направлений деятельности ученых из Томска и Минска — создание новых продуктов на основе торфа для самых разных секторов экономики.

Развиваются и другие направления сотрудничества — молодые ученые проходят стажировку в Институте природопользования НАН Беларуси, подаются заявки на совместные гранты в РФФИ и Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований.

Такое содружество взаимовыгодно, ведь оно не только обогащает науку, но и способствует возрождению и развитию торфяной отрасли в обеих странах.

Ольга Булгакова  
Фото предоставлено Сибирским НИИ сельского хозяйства и торфа