

когда вам надо высказать две мысли. Выскажите сначала одну, затем другую, не говорите обе одновременно.

Практические задачи во многих отношениях отличаются от чисто математических задач, однако основные мотивы и ход их решения по существу одни и те же. Прикладные инженерные проблемы обычно включают в себя математические задачи. Остановимся вкратце на различиях, общих чертах и связях, существующих между этими типами задач.

1. Внутреннюю прикладную задачу представляет собой строительство плотины на реке. Не надо иметь никаких специальных знаний, чтобы понять эту проблему. Чуть ли не в доисторические времена, задолго до нашего современного века научных теорий, люди строили различные плотины в долине Нила и в других частях света, где урожай зависел от орошения.

Представим себе мысленно круг вопросов, связанных со строительством крупной современной плотины.

Что неизвестно? В проблеме такого рода неизвестных много: точное расположение плотины, ее геометрическая конфигурация и размеры, строительные материалы, которые будут использованы на сооружение плотины, и т. д.

В чем состоит условие? Одним кратким предложением невозможно ответить на этот вопрос, ибо условий много. В такого рода проекте необходимо удовлетворить многим важным экономическим требованиям и по мере возможностей минимально пренебрегать другими. Плотина должна обеспечить электроэнергией, давать воду для орошения и коммунальных нужд, а также контролировать уровень воды при паводке. С другой стороны, она должна возможно меньше нарушать навигацию и условия жизни ценной рыбы, а также красоту природы и т. д. И, разумеется, она должна быть построена с минимальной стоимостью и в максимально сжатые сроки.

Что дано? Количество данных, которые желательно было бы иметь, огромно. Нам нужны топографические данные о районе реки и ее притоков; необходимы геологические сведения, что важно для создания устойчивых фундаментов и для выяснения возможностей утечки воды и выявления наличия строительных материалов; метеорологические данные о количестве ежегодных осадков и уровне паводков; экономические данные о стоимости земельных участков, подлежа-

щих затоплению, данные о стоимости строительных материалов, рабочей силы и т. д.

Из нашего примера видно, что по сравнению с математической задачей в прикладной задаче неизвестные данные и условия составляют более сложный комплекс и менее четко очерчены.

2. Для того чтобы решить какую-нибудь задачу, мы должны иметь определенный запас ранее накопленных знаний. В распоряжении современного инженера имеются современная техника, к его услугам — научная теория сопротивления материалов, собственный опыт и специальная техническая литература, в которой накоплен огромный инженерный опыт. Мы не можем здесь вникать в сущность этих специализированных сведений, но мы можем попытаться представить себе мысли древнеегипетского строителя плотины.

Ему, конечно, приходилось видеть различные другие, возможно, меньшие плотины: земляные или каменные насыпи, сдерживающие воду. Он наблюдал, как паводок с наносными породами обрушивался на плотину. Возможно, ему приходилось принимать участие в починке трещин и ликвидировать последствия от размыва насыпи паводком. Может быть, ему приходилось видеть, как под напором потока воды разрушается плотина. Он, несомненно, слышал рассказы о плотинах, выдержавших испытания веков или принесших бедствия из-за неожиданно образовавшихся брешей. Быть может, он мысленно рисовал себе картину давления воды реки на поверхность плотины и ее внутреннее напряжение и сжатие.

У строителя египтянина, однако, не было точных, количественных, научных представлений о давлении жидкости или о деформациях и напряжениях внутри твердого тела. Такие представления занимают существенное место в научной подготовке современного инженера. Инженер, однако, тоже пользуется обширными сведениями, не получившими еще совсем точного и научного освещения, его сведения о разрушительной силе течения воды, о переносе ила и об упругости и других менее четко очерченных свойствах твердых тел представляют собой знания скорее эмпирического характера.

Из нашего примера видно, что по сравнению с математической задачей в прикладной задаче понятия и те знания, которые необходимы для ее разрешения, имеют более сложный характер и менее четко определены.

3. В прикладных задачах неизвестные, данные, условие, понятия, необходимые предварительные знания — все сложнее и менее определено, чем в чисто математических задачах. Это очень существенное различие, пожалуй, даже главное различие, и оно, несомненно, влечет за собой и другие различия. Однако основные мотивы и приемы решения оказываются одинаковыми для задач обоих типов.

Существует распространенное мнение, что прикладные проблемы требуют большего опыта, чем математические задачи. Возможно, это и так. Однако очень вероятно, что различие заключается в природе требуемых знаний, а не в нашем отношении к задаче. Решая задачу того или иного типа, мы должны опереться на свой опыт решения подобных задач и часто задавать такие вопросы: *не встречалась ли вам раньше эта задача? Хотя бы в несколько другой форме? Известна ли вам какая-нибудь родственная задача?*

При решении математической задачи мы исходим из очень четких понятий, систематизированных в нашем уме. При решении же прикладной проблемы нам часто приходится исходить из довольно туманных представлений. Позже уточнение этих представлений может стать существенной частью задачи. Так, например, сегодня медицина в состоянии сдерживать распространение инфекционных заболеваний более эффективно, чем во времена до Пастера, когда представление об инфекционных болезнях было довольно туманным. *Приняли ли вы во внимание все существенные понятия, содержащиеся в задаче?* Это очень хороший вопрос для задач всех типов, но использование его зависит в значительной мере от характера понятий, входящих в задачу.

В точно сформулированной математической задаче все данные и все пункты условия существенны и должны быть учтены. В прикладных проблемах имеется обилие данных и условий. Мы учитываем столько их, сколько возможно, но некоторыми мы вынуждены пренебрегать. Возьмите случай со строителем большой плотины. Он принимает во внимание общественные интересы и учитывает важные экономические соображения, но он вынужден пренебрегать мелкими претензиями и обидами. Количество данных в его проблеме, строго говоря, неисчерпаемо. Ему, например, желательно было бы иметь кое-какие дополнительные сведения о геологической природе грунта, на котором должен быть уложен фундамент, но в конце концов он вынужден прекра-

тить сбор геологических данных, хотя в этом вопросе неизбежно останется ряд неясностей.

Все ли данные вы использовали? Все ли условия использовали? При решении чисто математических задач нельзя обойтись без этих вопросов. Однако при решении прикладных проблем эти вопросы следует ставить в несколько видоизмененной форме: все ли данные вами использованы, которые *могли бы заметно содействовать решению?* Использовали ли вы все условия, которые могут *заметно повлиять на решение?* Мы собираем все доступные данные, имеющие отношение к нашей проблеме. Если необходимо, собираем дополнительные сведения, но в конце концов приходится прекращать сбор сведений. На каком-то этапе мы должны подвести черту. Невозможно не пренебречь кое-чем. «Волков бояться — в лес не ходить». Довольно часто накапливаются излишние данные, которые не имеют заметного влияния на окончательный вид решения.

4. Конструкторы древнеегипетских плотин при толковании своего опыта должны были положиться на собственный здравый смысл, больше им не на что было полагаться. Современный инженер не может положиться лишь на здравый смысл, в особенности, если его проект отличается смелым новаторством. Он обязан рассчитать сопротивление проектируемой плотины, точно предусмотреть внутреннее напряжение и сжатие плотины. Для этого ему приходится обращаться к теории деформации (которая довольно точна для цементных конструкций). Чтобы использовать эту теорию на практике, ему потребуется произвести множество математических расчетов — прикладная инженерная задача приводит к математической задаче.

Такая математическая задача не может быть рассмотрена здесь, ибо она слишком узкотехнического характера; ограничимся лишь общими замечаниями. При составлении и решении математических задач, полученных в ходе решения прикладной задачи, мы обычно дозволяем себе приближенным решением. В прикладной проблеме мы вынуждены пренебрегать некоторыми второстепенными данными и условиями. Поэтому разумно допустить некоторые незначительные погрешности в расчетах, особенно если в упрощении выгадываем то, что проигрываем в точности.

5. О приближенных решениях можно было бы рассказать много интересного, заслуживающего внимания широкого круга читателей. Однако мы не можем предполагать у

читателя какой-либо специальной математической подготовки и поэтому ограничимся лишь одним понятным, доступным и поучительным примером.

Большое практическое значение имеет изготовление географических карт. При создании карт мы часто считаем, что земля шар. Между тем ведь это приближенное допущение, а не точная истина. Поверхность земли не представляет собой математически заданной поверхности. Если мы примем, что земля представляет собой шар, нам будет значительно легче сделать географическую карту. От упрощения мы очень много выигрываем, а в точности не очень теряем. В самом деле, представим себе большой глобус, у которого форма точно такая же, как у земли. Диаметр этого шара в экваторе 7,5 м. Расстояние между полюсами такого глобуса меньше 7,5 м, ибо земля сплюснута у полюсов, но разница составляет всего лишь около 2,5 см. Таким образом, шар представляет собой хорошее практическое приближение.

Проверка по размерностям — известный способ быстро и эффективно проверять геометрические и физические формулы.

1. Чтобы вспомнить, как проводится такая проверка, рассмотрим пример с прямым круговым усеченным конусом. Пусть имеем прямой круговой усеченный конус, причем

R — радиус нижнего основания,

r — радиус верхнего основания,

h — высота усеченного конуса,

S — площадь боковой поверхности усеченного конуса.

Если R , r и h даны, то S можно легко выразить через R , r и h . Так мы находим выражение

$$S = \pi (R + r) \sqrt{(R - r)^2 + h^2},$$

к которому применим метод проверки по размерностям.

Легко определить размерность геометрической величины. Так как R , r и h выражают длину, то они измеряются в единицах длины. Если пользоваться научной системой мер, то их размерность $см$. Площадь S измеряется квадратными единицами и ее размерность $см^2$. А $\pi = 3,1415\dots$ — просто число. Если мы хотим приписать числу размерность, то она должна быть $см^0 = 1$.