

в числах Re и γ исследуют отдельно или теоретически, или с помощью др. экспериментов, меняя в них в достаточной широкой пределах значения Re и γ .

М. механических свойств конструкций и сооружений. Для твёрдых деформируемых тел особенности M зависят от свойств этих тел и характера рассматриваемых задач. Так, при моделировании равновесия однородных упругих систем (конструкций), механич. свойства к-рых определяются модулем упругости E (модулем Юнга) и безразмерным коэффициентом Пуассона ν , должны выполняться 3 условия подобия:

$$\nu_n = \nu_m, \frac{\rho_n g_n l_n}{E_n} = \frac{\rho_m g_m l_m}{E_m}, \frac{F_n}{E_n l_n^2} = \frac{F_m}{E_m l_m^2}, \quad (3)$$

где g — ускорение силы тяжести. В естеств. условиях $g_m = g_n = g$ и получить полное подобие при $l_m \neq l_n$ можно, лишь подобрав для модели спец. материал, у к-рого ρ_m , F_m и ν_m будут удовлетворять первым двум из условий (3), что практически обычно неосуществимо.

В большинстве случаев модель изготавливается из того же материала, что и натура. Тогда $\rho_m = \rho_n$, $E_m = E_n$ и второе условие даёт $g_m l_m = g_n l_n$. Когда весовые нагрузки существенны, для выполнения этого условия прибегают к т. н. центробежному моделированию, т. е. помещают модель в центробежную машину, где искусственно создаётся приближённо однородное силовое поле, позволяющее получить $g_m > g_n$ и сделать $l_m < l_n$. Если же основными являются др. нагрузки, а весом конструкции и, следовательно, учётом её уд. веса $\gamma = \rho g$ можно пренебречь, то приближённое M осуществляют при $g_m = g_n = g$, удовлетворяя лишь последнему из соотношений (3), к-рое даёт $F_m/l_m^2 = F_n/l_n^2$; следовательно, нагрузки на модель должны быть пропорц. квадрату её линейных размеров. Тогда модель будет подобна натуре, и если, напр., модель разрушается при нагрузке $F_{кр}$, то натура разрушается при нагрузке $F_{кр} l_n^2/l_m^2$. Если же в этом случае весовые нагрузки не учитывать, поскольку эти нагрузки имеют значения γl^3 , а последнее из условий (3) требует пропорциональности нагрузок F , то при $l_m < l_n$ весовая нагрузка на модель будет меньше требуемой этим условием, т. е. M не будет полным и модель, как недогруженная, будет прочнее натуре. Это обстоятельство тоже можно учесть или теоретич. расчётом, или дополнит. экспериментами.

Одним из видов M , применяемым к твёрдым деформируемым телам, является *поляризационно-оптический метод* исследования напряжений, основанный на свойстве ряда изотропных прозрачных материалов становиться под действием нагрузок (т. е. при деформации) анизотропными, что позволяет исследовать распределение напряжений в разл. деталях с помощью их моделей из прозрачных материалов.

При M явлений в др. непрерывных средах соответственно изменяется вид и число критериев подобия. Так, для пластичных и вязкопластичных сред в число этих критериев наряду с параметрами Фруда, Струаля и модифициров. параметром Рейнольдса входят параметры Лагранжа, Стокса, Сен-Венана и т. д.

М. тепловых процессов. При изучении процессов теплообмена широко используют M . Для случая переноса теплоты конвекцией определяющими критериями подобия являются *Нуссельта число* $Nu = al/\lambda$, *Прандтля число* $Pr = \nu/a$, *Грасгофа число* $Gr = \beta g l^3 \Delta T / \nu^2$, а также число Рейнольдса Re , где a — коэф. теплоотдачи, λ — коэф. температуропроводности, ν — коэф. теплопроводности среды (жидкости, газа), ν — кинематич. коэф. вязкости, β — коэф. объёмного расширения, ΔT — разность темп-р поверхности тела и среды. Обычно целью M является определение коэф. теплоотдачи, входящего в критерий Nu , для чего опытами на моделях устанавливают зависимость Nu от др. кри-

териев. При этом в случае вынужденной конвекции (напр., теплообмен при движении жидкости в трубе) становится несущественным критерий Gr , а в случае свободной конвекции (теплообмен между телом и покоящейся средой) — критерий Re . Однако к значит. упрощениям процесса M это не приводит, особенно из-за критерия Pr , являющегося физ. константой среды, что при выполнении условия $Pr_m = Pr_n$ практически исключает возможность использования на модели среды, отличной от натурной. Дополнит. трудности вносит и то, что физ. характеристики среды зависят от её темп-ры. Поэтому в большинстве практически важных случаев выполнить все условия подобия не удаётся, приходится прибегать к приближённому M . При этом от условия равенства критериев, мало влияющих на процесс, отказываются, а др. условия (напр., подобие физ. свойств сред, участвующих в теплообмене) выполняются лишь в среднем. На практике используют часто т. н. метод локального теплового M , идея к-рого заключается в том, что условия подобия процессов для модели и натуре выполняются только в той области модели, где исследуется процесс теплообмена. Напр., при исследовании теплоотдачи в системе однотипных тел (шаров, труб) в теплообмене на модели может участвовать лишь одно тело, на к-ром выполняют измерения, а остальные служат для обеспечения геом. подобия модели и натуре.

В случаях переноса теплоты теплопроводностью (кондукцией) критериями подобия являются *Фурье число* $Fo = at/l^2$ и *Био число* $Bi = al/\lambda$, где t_0 — характерный промежуток времени (напр., период). Для аperiodич. процессов (нагревание, охлаждение) t_0 обычно отсутствует и параметр Fo выпадает, а отношение at/l^2 определяет безразмерное время. При M таких процессов теплообмена удаётся в широких пределах изменять не только размеры модели, но и темп протекания процесса.

При M радиац. переноса теплоты от разл. высокотемпературных источников (напр., излучения Солнца и планет, струй ракетных двигателей, плазмы) необходимо воспроизводить не только лучистый тепловой поток, но и спектральный состав излучения (см. *Стефана — Больцмана закон излучения*, *Планка закон излучения*), что существенно затрудняет создание искусств. излучателей для M .

Электродинамическое M . Электродинамич. M применяется для исследования эл.-магн. и электромеханич. процессов в электрич. системах. Электродинамич. модель представляет собой копию (в определ. масштабе) натурной электрич. системы с сохранением физ. природы основных её элементов. Такими элементами модели являются синхронные генераторы, трансформаторы, линии передач, первичные двигатели (турбины) и нагрузки (потребители электрич. энергии), но число их обычно значительно меньше, чем у натурной системы. Поэтому и здесь M является приближённым, причём на модели по возможности полно представляется лишь исследуемая часть системы.

Специальные виды M . Особый вид M основан на использовании спец. устройств, сочетающих физ. модели с натурными приборами. К ним относятся испытательные стенды, для испытания машин, наладки приборов и т. п., тренажёры для тренировки персонала, обучаемого управлению сложными системами или объектами, имитаторы, используемые для исследования разл. процессов в условиях, отличных от обычных земных, напр. при глубоком вакууме или очень высоких давлениях (в барокамерах), при перегрузках. В таких устройствах одновременно воспроизводится комплекс натурных физ. процессов и явлений (напр., процессы теплообмена, воздействия факторов космич. пространства, механич. воздействия узлов и агрегатов — вибрации), что позволяет «моделировать» натурные условия функционирования сложных техн. систем (функциональное M).