

жёсткость конструкции при заметно снижающейся массе. Расчёты *O.*, выполненных из композиц. материалов, а также трёхслойных и многослойных *O.* представляют собой отд. разделы общей теории *O.*

Для расчёта *O.* как элементов конструкций наравне с аналитич. методами всё шире применяются самые различные числ. методы, реализуемые с использованием ЭВМ. Наиб. интенсивно развиваются методы конечных элементов и метод многоуровневых суперэлементов. Применяются также метод конечных разностей, метод динамич. программирования и др. Числ. методы служат для установления напряжённо-деформир. состояния *O.* и параметров их устойчивости и динамики. Подобные методы могут быть также приложены для анализа процесса возникновения и распространения трещин в материале *O.* При этом вводятся т. н. сингулярные элементы, отображающие напряжённое состояние у вершины трещины. Такой анализ может служить для определения параметров т. н. лавинного процесса распространения трещин, напр. в магистральных трубопроводах.

Лит.: Власов В. З., Общая теория оболочек и ее приложения в технике, М.—Л., 1949; Новожилов В. В., Теория тонких оболочек, Л., 1951; Гольденвейзер А. Л., Теория упругих тонких оболочек, 2 изд., М., 1976; Амбарцумян С. А., Общая теория анизотропных оболочек, М., 1974; Вольмир А. С., Оболочки в потоке жидкости и газа. Задачи аэроупругости, М., 1976; его же, Оболочки в потоке жидкости и газа. Задачи гидроупругости, М., 1979; Паллий О. М., Спиридонов В. Е., Анизотропные оболочки в судостроении, Л., 1977; Методы расчета оболочек, под ред. А. Н. Гузя, т. 1—5, К., 1980—82; Васильев В. В., Механика конструкций из композиционных материалов, М., 1988.

А. С. Вольмир.

ОБОРАЧИВАЮЩАЯ СИСТЕМА — оптич. система, предназначенная для поворота изображения на 180° вокруг оптич. оси. *O. с.* используются в первую очередь в зрительных трубах для наблюдения наземных (а не астрономических) объектов и в микроскопах с целью восстановления правильной (прямой) ориентации изображения объекта, т. к. большинство объективов форми-

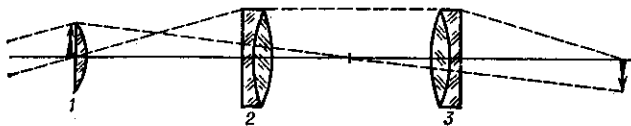


Рис. 1. Схема линзовой оборачивающей системы.

руют перевёрнутое. В этих приборах *O. с.* располагается обычно между объективом и окуляром.

O. с. бывают призмными и линзовыми. Помимо оборачивающего действия *O. с.* может изменять габариты оптич. системы, укорачивая её (призмная *O. с.*) или удлиняя (линзовая *O. с.*). Обычно линзовая *O. с.* (рис. 1) состоит из двух сложных линз 2 и 3 и добавочной плоско-выпуклой линзы 1, наз. коллективом, расположенной вблизи фокальной плоскости объектива, предшествующего *O. с.* Коллектив 1 формирует изображение входного зрачка этого объектива между линзами 2 и 3, что позволяет свести к минимуму поперечные размеры *O. с.* Линзовая *O. с.* позволяет осуществлять скачкообразное или плавное (панкратическое) изменение масштаба изображения путём перемещения всей *O. с.* или её отд. частей вдоль оптич. оси. Однако применение линзовых *O. с.* вызывает неизбежное ухудшение качества изображения, связанное с наличием таких трудноустраняемых aberrаций, как кривизна изображения и вторичный спектр. Линзовые *O. с.* используются в перископах подводных лодок.

В призмных *O. с.* наиб. употребительны прямоугольные призмы с взаимно перпендикулярными гранями (т. н. призмы Порро). Проходя через неск. призм, лучи испытывают полное внутр. отражение от граней и выходят параллельно своему первонач. направлению, а изображение объекта оказывается перевёрнутым на 180° без изменения величины. На рис. 2

представлена призмная *O. с.* Пехана, используемая в совр. малогабаритных биноклях. Преимуществами призмных *O. с.* перед линзовыми являются значительно меньшее расстояние между объективом и окуляром (что позволяет использовать их, напр., в биноклях) и значительно меньшие aberrации, легко поддающиеся компенсации aberrациями др. компонентов оптич. системы, как правило aberrациями объектива.

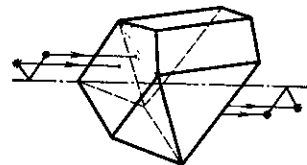


Рис. 2. Призмная оборачивающая система Пехана.

В нек-рых типах совр. оптико-электронных приборов используются волоконно-оптич. *O. с.* — т. н. поворотники, представляющие собой жгут оптич. волокон, выходной торец к-рых повернут на 180° относительно входного торца.

ОБОРОТНЫЙ МАЯТНИК — прибор для экспресс-определения ускорения свободного падения *g*. Пред-

ставляет собой физ. маятник в виде, напр., массивной пластины (рис.) с двумя трёхгранными ножами, из к-рых один неподвижен, а другой может перемещаться вдоль прорези на пластине. Острые рёбра ножей O_1 и O_2 , помещаемые попеременно на неподвижную опору, служат осями качаний *O. м.* Подвижный нож перемещают вверх или вниз до тех пор, пока периоды колебаний *O. м.* вокруг каждой из осей не совпадут. Расстояние $O_1O_2 = l$ между осями измеряют с помощью нанесённой на пластину шкалы с полусум. Тогда по свойствам физ. маятника O_2 будет для O_1 центром качаний, и наоборот, а период малых колебаний *O. м.* будет при этом равен $T = 2\pi\sqrt{l/g}$. Зная значения T и l из опыта, можно по данной ф-ле вычислить *g*. *O. м.* позволяет определить величину *g* со значительно более высокой степенью точности, чем матем. маятник.

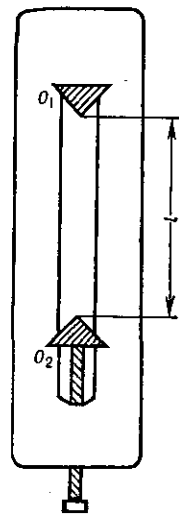


Схема оборотного маятника.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕНЕНИЙ — см. Анализ данных.

ОБРАТИМОСТИ ТЕОРЕМА (принцип обратимости хода лучей света) — одно из осн. положений геометрической оптики, согласно к-рому путь элементарного светового потока, распространяющегося в оптич. средах 1, 2, 3... по лучу $ABCD...$, заменяется на прямо противоположный путь $DCBA$, если свет исходит в направлении, противоположном первоначальному. *O. т.* широко используется, в частности, при расчёте оптич. систем и построении изображений оптич. систем, даваемых такими системами.

O. т. в простейшем истолковании является следствием Снелля закона преломления света, применяемого к двум любым расположенным одна за другой средам из последовательности 1, 2, 3...: $\sin i_1/\sin i_2 = n_2/n_1 = n_{12}$, где n_{12} — относит. показатель преломления, n_2 и n_1 — показатели преломления во второй и первой средах, i_1 — угол падения луча света на границу раздела сред, i_2 — угол преломления во вторую среду. При замене i_1 на i_2 (и наоборот) значения углов остаются неизменными, т. к. неизменны n_1 и n_2 . Аналогичное положение справедливо и при отражении света, поэтому *O. т.* можно пользоваться в любой (как линзовой, так и зеркальной) оптич. системе.

O. т. предполагает, что ослабление луча света при его прохождении через оптич. среды не зависит от замены направления луча на противоположный. Это следует из обратимости Френеля формул относительно направления света.