УДК 539.374

РАВНОПРОЧНАЯ БАШНЯ

© 2005 Г.П. Черепанов[1]

Настоящая работа посвящается 75-летию со дня рождения профессора Д.Д. Ивлева. С этой целью введение освещает некоторые исторические события, служащие для понимания научных достижений и приоритетов, в частности, научных достижений юбиляра. В первом разделе рассматривается проблема строительства высотных зданий и башен на основе континуального подхода, использующего принцип равнопрочности, ранее разработанный в совместной монографии настоящего автора и Л.В. Ершова. Во втором разделе эта же проблема рассматривается с учетом дискретной, поэтажной структуры высотных зданий. Заключение подчеркивает, что полученные в настоящей работе результаты позволяют строить башни максимально возможной высоты и максимально возможной безопасности.

Введение

Великому российскому ученому Дюису Даниловичу Ивлеву — 75 лет. Трудно поверить! Время летит так быстро и так неотвратимо.

Слава приходит разными путями. Труженику Гуку она была присвоена посмертно на заседании Британской академии, решавшей, кому же отдать лавры первооткрывателя закона всемирного тяготения: Роберту Гуку, который в письме Исааку Ньютону дал известную ныне математическую формулировку этого закона, или Ньютону, который посредством тонких математических вычислений с эллиптическими орбитами планет доказал, что эта формулировка вытекает из известного тогда эмпирического закона Кеплера, и, наоборот, из закона Кеплера вытекает закон всемирного тяготения. На том заседании никому и в голову не пришло, что закон всемирного тяготения, раз он вытекает из прежнего открытия Кеплера, также должен был назван именем Кеплера. Во-первых, все эмпирическое считалось низшего качества по сравнению с теоретическим, выведенным чисто умственным трудом. Во-вторых, хитроумные и длинные расчеты Ньютона, не знавшего дифференциального исчисления, впечатляли ученых того времени (сегодня — это простое упражнение для студентов курса дифференциальной геометрии). В-третьих, Кеплер — немецкий астроном, Германия то-

[1]Черепанов Геннадий Петрович (GENADYC@netscape.net), почетный академик Нью-Йоркской академии наук, США, Флорида, Майами.

гда не существовала как единая нация, а Британская академия представляла единую англоязычную нацию, супердержаву того времени. Все немецкое и, вообще, не британское было второго сорта и не могло быть принято всерьез. В-четвертых, президент Британской академии Ньютон не потерпел бы иного решения, а Гук (1635–1703), пока был жив и служил координатором академии, не искал решительных действий всей академии. Поэтому название закона всемирного тяготения именем Ньютона было естественным политическим решением научного диспута о приоритете, продолжавшегося несколько десятилетий.

На том же заседании Британская академия приняла решение назвать именем Гука закон упругости твердых тел. Это соломоново решение, характеризующее британский способ справедливости при разрешении спорных вопросов, в данном случае путем продажи индульгенции славы Гуку, вошло в историю науки как анекдот, рассказываемый во всех книгах по теории упругости, потому что основанием для этого решения послужила единственная фраза "удлинение яко сила", найденная в трудах Гука. Таким образом, слава Гука обязана как будто одной единственной фразе, которую, если покопаться как следует, могли сказать до него десятки других ученых, начиная с Архимеда.

На самом деле, как показывает данная история, слава есть прямая функция национальной дисциплины и вытекающего отсюда принуждения. Распределение научной славы является отражением борьбы нации за лучшее место под солнцем. Приведем несколько известных примеров из истории науки.

Леонард Эйлер был первым, кто сформулировал правильно закон теории упругости в общеизвестной ныне форме $\sigma = E\varepsilon$ в своей юношеской магистерской диссертации, защищенной в Цюрихе. Отдавая дань авторитету британской науки, он назвал его законом Гука, следуя решению Британской академии. Тем не менее, Леонард надеялся на раздел славы с Гуком, назвав постоянную упругости первой буквой своего имени (Euler). Эта и последующие сотни выдающихся работ по теории упругости позволяют назвать Эйлера, без малейшего сомнения, творцом, основателем, отцом теории упругости. Однако этого не случилось, потому что Эйлер был швейцарским русским по современной терминологии. Он родился и вырос в Швейцарии, а большую часть своей творческой жизни прожил в Петербурге (Россия в то время была меккой для европейских ученых, приманиваемых высокими зарплатами и уровнем жизни, подобно Америке сегодня). Более того, постоянная E была названа модулем Юнга по имени британского ученого, измерившего эту постоянную для нескольких материалов почти сто лет спустя после первой работы Эйлера.

Я сказал выше, что Ньютон не знал дифференциального исчисления. Хотя во всех современных и несовременных книгах по математике Ньютон назван автором дифференциального исчисления, я не оговорился, потому что аппарат дифференциального исчисления, который только и применялся всеми учеными во всех странах, включая англоязычных авторов, был создан Лейбницем независимо и почти одновременно со сложной системой Ньютона, которую никто, включая самого Ньютона, никогда и нигде не применял. Опять-таки авторитет британской нации и науки и личный авторитет президента Ньютона[2], пережившего Лейбница на десять лет, то есть сугубо политические аспекты, сыграли решающую роль в признании авторства Ньютона в этом диспуте (Лейбниц (1646–1716) — немецкий дворянин, ученый, философ и писатель. Для справки Ньютон (1642–1727) прожил 85 лет). Следует отметить, что успешная погоня Ньютона за личной славой дорого обошлась британской науке. Под влиянием его авторитета никто в Англии не пользовался дифференциальным исчислением Лейбница почти сто лет после смерти Ньютона, так что все основные открытия за это время, связанные с этим аппаратом, были сделаны континентальными учеными (Франции, Германии, России и других стран). Жизнь самого Ньютона, посвященная науке примерно до 50 лет и затем политической борьбе за признание своих трудов, стала классической карьерой британского, и не только британского, ученого. В этом смысле Эйлер был антиподом Ньютона.

История с приоритетом теории относительности дает другой яркий пример роли национальной дисциплины. Голландский физик Лоренц заслуженно мог бы считаться автором теории относительности, если следовать логике того заседания Британской академии. Как-никак Эйнштейн только придумал "физические ноги" математической теории, которую создал Лоренц и затем развили Пуанкаре и Минковский. Эмпирическое открытие Михельсона, с которого началась теория относительности, не было учтено вовсе. Могу поклясться, что, если бы автором той знаменитой статьи Эйнштейна 1905-го года был человек по фамилии Петров или Лопез, публика бы считала сегодня Лоренца, Михельсона, Пуанкаре и Минковского творцами теории относительности, а фамилии Петров или Лопез упоминались бы только специалистами. В данном случае слава немецкого ученого Эйнштейна есть политическое отражение высокого авторитета немецкой науки и культуры, в которой вырос Эйнштейн (Рожденный матерью еврейской религии, Эйнштейн был атеистом).

В наше время, как и в прошлом, слава создается цитированием и зависит от национальной принадлежности и политического положения автора. Наибольшие шансы на успех у лиц с английской или еврейской фамилией, что является отражением современных политических достижений этих наций.

Американские и британские ученые с большой неохотой цитируют русские фамилии, даже когда признают их приоритет. Я сам не раз сталкивался с необъяснимой ненавистью некоторых американских ученых к своей

[2]Между прочим, великий князь Меньшиков, как известно неграмотный вовсе, получил от Ньютона высшую награду Британской академии "за выдающиеся научные достижения".

фамилии. Вероятно, это чисто биологическое чувство национального сродства (подобно тому как корова не дает молока не своему теленку).

Современный американский ученый тратит гораздо больше времени на саморекламу и проталкивание или, как говорят американцы, "на продажу" своей научной продукции, чем на ее получение. Это находится в полном соответствии с принципами современной американской морали, которая считает: "Сделать — легко, продать — трудно". Для этого служат многочисленные конференции, конгрессы и тому подобные ярмарки. Многие продают не свою продукцию, а своих подчиненных или просто украденную — это все в порядке вещей. Не пойман — не вор, а доказать кражу по современным нормам морали и ловкости научных умов — весьма нелегко. Продавший, а также его фирма или университет получают славу, деньги, признание, положение — все, что нужно для полноценной жизни. Изготовитель получает в лучшем случае несколько процентов от полного дохода. По-американски "делание денег" (по-русски — нажива) есть основа жизни, и кто преуспевает в том, тот и король. "Деньги не пахнут", иначе говоря.

Впрочем, это относится не только к ученым, но и к целым странам. Еще в нашей памяти то время, когда Америка славилась как производитель товаров. Клеймо "Made in USA" было хорошо известно. То время — в прошлом. Сегодня Китай – производитель товаров, а США — продавец. Львиная доля прибылей уходит к американским корпорациям и лишь несколько процентов — Китаю, который весьма доволен таким положением, поскольку эти проценты равняются сотням биллионов долларов. Труд рабов — негров в течение трех веков и теперь китайцев — лежит в основе богатства и процветания американской нации. Американо-китайский симбиоз, созданный прозорливым Ден Сяо Пином, объясняет успех китайского коммунизма. Хотя США зависят от Китая в этом плане, однако весьма слабо. Если, допустим, Китай внезапно откажется производить товары, это не приведет к быстрому росту дороговизны в США, то есть к обнищанию населения и революциям, как думают некоторые умы. Просто потому, что количества уже произведенной, но не проданной продукции, имеющейся в наличности в лабазах США, хватит еще на добрый десяток лет, достаточный для организации собственной продукции и поиска новых рабов. Этот симбиоз не касается продуктов питания и военной продукции. Они были и остаются основой собственно американского производства.

Это историческое введение необходимо, чтобы понять роль и борьбу профессора Ивлева в науке. Я не берусь обсуждать его конкретные результаты — это задача для историков науки. Несомненно, что в теории пластичности имя Ивлева должно быть в одном ряду с именами Прандтля, Ильюшина, Хилла, Соколовского, Ходжа, Быковцева, а теория пластичности наряду с газовой динамикой и механикой разрушения была в основе прогресса механики в прошлом, двадцатом, веке. Подобно Гуку и Эйлеру, Ивлев — честный труженик науки, мало заботящийся о продаже своей продукции. Подобно Эйлеру, роль и научные результаты Ивлева недооцениваются или вовсе умалчиваются в западной печати.

Существенная часть деятельности профессора Ивлева посвящена борьбе за справедливость в науке. Для тех, кто верит в incarnation, не случайно, что его день рождения совпал с днем рождения Marquis La Fayette (6 сентября 1757–1834). Он мой герой и я не могу не сказать о нем несколько слов. Все знают, что La Fayette был вождем революции 1830 года и Великой Французской революции 1789 года, когда он руководил национальной гвардией, созданной после революции (подобно Троцкому, который руководил Красной Армией после Великой Октябрьской революции.) Но не все знают, что La Fayette сыграл решающую роль в войне Соединенных Штатов Америки за независимость, 1781–1782 годы (американские историки называют эту войну революцией, происшедшей из-за того, что фермеры не хотели платить налоги английскому королю. Фактически армия Георга Вашингтона была навербована из американских и европейских бродяг, которые служили за зарплату. Американские фермеры (по-русски помещики, поскольку они владели землей и рабами) просто платили деньгами). Юный La Fayette, ставший генералом в 18 лет, был правой рукой Вашингтона; он превратил армию бездомных бродяг в профессиональную армию, и историки отдают ему военные лавры в решающей победе над английской армией в 1781 году (до этой победы была серия поражений и партизанской борьбы). Однако судьба Соединенных Штатов была решена не столько на поле брани, сколько за дипломатическим столом. La Fayette убедил короля Франции Луи XVI и его жену Марию Антуанетту, которых Робеспьер казнил 12 лет спустя, помочь Георгу Вашингтону в его борьбе с королем Англии Георгом V. Вмешательство Франции заставило английского короля признать независимость Соединенных Штатов. Принцип социальной справедливости — вот, что вело La Fayette в его действиях. Вот, за что он боролся. Если назвать имена тех, кому мы обязаны существованием западной цивилизации, La Fayette, без малейшего сомнения, будет первым.

Подобно La Fayette, профессор Ивлев всегда руководствовался принципом справедливости в научной борьбе, от которой он не уклонялся как многие, а решительно вмешивался, чтобы помочь правой стороне.

"Правда сделает тебя свободным", учит нас апостол Иоанн. Следовать ему нелегко, но надо. Впрочем, слава — капризная вещь. Например, Пифагор, которого мы почитаем за теорему, в свое время славился больше как кулачный боец, чемпион Олимпийских Игр.

1. Самое высокое строение из твердого материала

С незапамятных времен люди старались подняться выше и выше, строя все более высокие здания. Вавилонская башня развалилась давным-давно, а египетские пирамиды стоят много тысячелетий. Недавно, а точнее 11 сентября 2001 года, рассыпались в пыль и мелкие обломки три башни Всемирного торгового центра в Нью-Йорке, считавшиеся самыми высокими зданиями в мире (свыше 400 метров). Рассыпались от пожара, потому что были плохо спроектированы и построены надешево. Под обломками погибло почти три тысячи человек, в том числе 330 пожарников и несколько россиян. Между тем это обрушение послужило поводом для крутого поворота политики американской администрации в направлении, разработанном членами этой администрации более десяти лет тому назад в известном документе "Американский век". Во внутренней политике это выразилось в подавлении демократических свобод, тотальной слежке и т.п. Во внешней политике — в агрессивных захватнических войнах, нарушении международных договоров и законов, активной поддержке антироссийских режимов, развертывании новейших стратегических, в том числе ядерных, вооружений в космосе, в воздухе, на земле, на воде и под водой.

Не зная еще Америки, я всегда удивлялся сценам из американских фильмов, когда машина легко пробивала стены монолитных зданий, с героем, как правило, невредимым. Теперь-то я не удивляюсь: ведь стены этих зданий сделаны из фанеры или папье-маше, прессованного картона, а покрашены под кирпич или бетон. Сильный человек может пробить их кулаком. Барачный тип зданий, широко применяемый во время Второй мировой войны и отвергнутый в России, нашел развитие и распространение в Америке, потому что позволял быстро и дешево строить, то есть извлекать максимальные барыши строительным корпорациям.

Представляет интерес оценить максимальную высоту идеально спроектированных башен. Рассмотрим вертикальную башню высоты H. Ось x направим вдоль башни вверх, так что $x = 0$ есть основание башни, а $x = H$ есть крыша. Обозначим: $S(x)$–площадь поперечного сечения башни, $\gamma(x)$ — вес единицы объема башни, $N(x)$ — сжимающее усилие от сил тяжести в сечении $x =$ const. Допустим, что высота башни во много раз больше ее размеров в любом горизонтальном сечении. При этом допущении можно ввести среднее напряжение $\sigma_x = \sigma(x)$ в сечении $x =$ const:

$$\sigma(x) = \frac{N(x)}{S(x)}. \tag{1.1}$$

Уравнения равновесия можно записать так:

$$\frac{dN}{dx} = \gamma(x)\, S(x). \tag{1.2}$$

В дальнейшем рассмотрим только два типа строения:

а) самый примитивный, когда

$$\gamma(x) = \gamma_0 = \text{const}, \quad S(x) = S_0 = \text{const}; \tag{1.3}$$

б) самый совершенный — равнопрочные строения, когда

$$\sigma(x) = -\sigma_0 = \text{const}. \tag{1.4}$$

Здесь σ_0 — безопасный уровень сжимающих напряжений. Теория равнопрочных конструкций была развита в книге Г.П. Черепанова и Л.В. Ершова [1].

Запишем решение системы уравнений (1.1) и (1.2) для обоих типов строений:

$$\sigma = -\gamma_0(H - x) - \frac{R}{S_0}, \quad N = \sigma S_0, \quad |\sigma| \leqslant \sigma_0; \tag{1.5}$$

$$S = \frac{R}{\sigma_0} \exp\left[\frac{1}{\sigma_0}\int\limits_x^H \gamma(x)dx\right], \quad N = \sigma_0 S. \tag{1.6}$$

Здесь R — вес крыши здания.

Интересно сравнить конкретные результаты для сплошного, однородного, тяжелого, вертикального столба высоты H, считая, что вес столба W один и тот же для обоих типов строений.

Находим:

$$H = \frac{\sigma_0}{\gamma_0}\frac{1}{\left(1 - \frac{R}{W}\right)} \quad (W > R); \tag{1.7}$$

$$H = \frac{\sigma_0}{\gamma_0}\ln\left(1 + \frac{W}{R}\right) \quad (W > R). \tag{1.8}$$

Для высотных строений $W \gg R$, так что эти формулы упрощаются:

$$H = \frac{\sigma_0}{\gamma_0} \quad (W \gg R); \tag{1.9}$$

$$H = \frac{\sigma_0}{\gamma_0}\ln\frac{W}{R} \quad (W \gg R). \tag{1.10}$$

Как видно, при одном и том же весе высота равнопрочного столба в $\ln(W/R)$ раз больше высоты столба постоянного поперечного сечения. Например, при $W/R = 100$ в 4.6 раз, при $W/R = 1000$ в 6.9 раз и т.д.

Оценим величину σ_0/γ_0 для некоторых материалов:

Дерево (белый дуб)	$\gamma_0 = 0.7$ г/см^3,	$\sigma_0 = 0.5$ кг/мм^2,	$\sigma_0/\gamma_0 = 700$ м
Сталь (нержавеющая)	$\gamma_0 = 7.9$ г/см^3,	$\sigma_0 = 12$ кг/мм^2,	$\sigma_0/\gamma_0 = 1500$ м
Алюминий (сплав 1100-H14)	$\gamma_0 = 2.7$ г/см^3,	$\sigma_0 = 2$ кг/мм^2,	$\sigma_0/\gamma_0 = 750$ м
Стекло (оконное)	$\gamma_0 = 2.4$ г/см^3,	$\sigma_0 = 5$ кг/мм^2,	$\sigma_0/\gamma_0 = 2000$ м
Эпоксидное стекло	$\gamma_0 = 1.3$ г/см^3,	$\sigma_0 = 2$ кг/мм^2,	$\sigma_0/\gamma_0 = 1500$ м

Величина σ_0 взята примерно в семь раз меньше предела прочности на сжатие.

Устойчивость столба к горизонтальным смещениям и вертикальным поворотам основания не учитывалась. Очевидно, такой учет был бы в пользу равнопрочного столба.

Предположим, с другой стороны, что высота и вес равнопрочного столба те же, что и для столба постоянного сечения. Сравним уровень максимальных напряжений для этих проектов:

$$\sigma_0 = \gamma_0 H, \tag{1.11}$$

$$\sigma_0 = \frac{\gamma_0 H}{\ln(W/R)}. \tag{1.12}$$

Как видно, в этом случае напряжение в равнопрочном столбе в $\ln(W/R)$ раз меньше максимального напряжения в столбе постоянного сечения. Таким образом, равнопрочный проект во много раз безопаснее.

Эти расчеты можно применить также к реальным башням сложной внутренней конструкции, используя обычный континуальный подход. Ведь каждый материал, который мы считаем сплошным и однородным, на самом деле представляет собой сложную, дискретную систему атомов, зерен и т.п. При этом γ_0 будет равно весу башни, деленной на ее объем, а σ_0 — суммарному допускаемому усилию в несущих колоннах и стенах башни в некотором сечении $x = \text{const}$, деленному на площадь этого поперечного сечения башни.

2. Равнопрочная башня с учетом этажной структуры

Рассмотрим вертикальное здание из N этажей. Обозначим: S_n — площадь поперечного сечения несущих колонн и стен n-го этажа, σ_n — среднее сжимающее напряжение в этих конструкционных элементах n-го этажа, несущих вес здания выше этого этажа. Уравнение равновесия записывается следующим образом:

$$-\sigma_{n+1} S_{n+1} + \sigma_n S_n = -G_n - \gamma h_n S_n \quad (n = 1, 2, 3, \ldots, N-1); \tag{2.1}$$

$$\sigma_N S_N = -R - \gamma h_N S_N \quad (n = N). \tag{2.2}$$

Здесь G_n — вес полов и перекрытий между $(n+1)$-м и n-м этажами плюс пассивный операционный вес n-го этажа (оборудование, люди, не несущие стены и т.п.); h_n — высота n-го этажа; γ — удельный вес материала несущих колонн и стен; R — вес крыши здания плюс пассивный вес N-го этажа.

Потребуем, чтобы несущее напряжение σ_n было одним и тем же для всех этажей

$$\sigma_n = -\sigma \ \ (n = 1, 2, 3, \ldots, N). \tag{2.3}$$

Здесь σ — безопасный уровень напряжений для данного материала и конструкции несущих элементов.

Уравнение (2.3) есть условие равнопрочности, обеспечивающее идеальное использование материала несущих элементов и, следовательно, идеальный проект с точки зрения максимальной безопасности и минимального количества несущего материала.

Уравнения (2.1) и (2.2) для равнопрочного здания имеют вид

$$S_{n+1} - S_n + \frac{\gamma}{\sigma} h_n S_n = -\frac{1}{\sigma} G_n \quad (n = 1,\ 2,\ 3, \ldots, N-1)\,; \tag{2.4}$$

$$S_N = \frac{1}{\sigma} R + \frac{1}{\sigma} \gamma\, h_N S_N. \tag{2.5}$$

Эти уравнения представляют собой рекуррентную систему, решаемую последовательно:

$$S_N = \frac{R}{\sigma - \gamma\, h_N} \quad (n = N); \tag{2.6}$$

$$S_n = \frac{\sigma\, S_n + G_n}{\sigma - \gamma\, h_n} \quad (n = N-1,\ N-2, \ldots, 3,\ 2,\ 1). \tag{2.7}$$

Это решение определяет поэтажное распределение несущего материала в равнопрочном здании. Очевидно, в рамках равнопрочного проекта возможно бесчисленное множество различных архитектурных решений, которые здесь не рассматриваются.

Когда $h_n = h = \mathrm{const}$, $G_n = G = \mathrm{const}$, система уравнений (2.4) и (2.5) имеет следующее аналитическое решение для всех n:

$$S_n = \frac{G}{\gamma\, h} + \left(\frac{R}{\sigma - \gamma\, h} + \frac{G}{\gamma\, h} \right) \left(1 - \frac{\gamma\, h}{\sigma} \right)^{n-N} \quad (n = 1,\ 2,\ 3, \ldots,\ N). \tag{2.8}$$

При $h_n = h = \mathrm{const}$ и $G_n = G = \mathrm{const}$ полный вес здания (без фундамента) равен

$$W = R + G(N-1) + \gamma\, h \sum_{n=1}^{N} S_n =$$

$$= R + NG + \left[R + G\left(\frac{\sigma}{\gamma\, h} - 1 \right) \right] \left[\left(1 - \frac{\gamma\, h}{\sigma} \right)^{-N} - 1 \right]. \tag{2.9}$$

Для небоскребов и башен с большим числом этажей $N \gg 1$ и $\sigma \gg \gamma\, h$, так что формула (2.9) упрощается после асимптотической замены

$$\left(1 - \frac{1}{\lambda} \right)^{N} = e^{-N/\lambda} \quad (\lambda \gg 1,\ N \gg 1) \quad \left(\lambda = \frac{\sigma}{\gamma\, h} \right), \tag{2.10}$$

справедливой, если N/λ — конечное число, не большое и не малое. Получаем

$$W = R + G\left(N - \lambda + \lambda\, e^{N/\lambda} \right) \qquad \left(\lambda = \frac{\sigma}{\gamma\, h} \right). \tag{2.11}$$

Для самого примитивного проекта, когда $S_n = S_0 = \mathrm{const}$, решение системы уравнений (2.4) и (2.5) будет следующим:

$$\sigma_n = -\frac{R}{S_0} - \left(\frac{G}{S_0} + \gamma\, h \right)(N - n) \quad (n = 1,\ 2,\ 3, \ldots,\ N),$$

$$W = R + N(G + \gamma\, h), \tag{2.12}$$

$$\sigma = \frac{R}{S_0} + N\left(\frac{G}{S_0} + \gamma\, h \right) = \frac{W}{S_0}.$$

Количественный анализ равнопрочных башен с учетом этажной структуры приводит к тем же выводам, что и в случае равнопрочного столба. При одинаковом весе и допускаемом напряжении в несущих колоннах и стенах здания равнопрочные проекты обеспечивают максимально возможную высоту здания, а при одинаковом весе и высоте здания равнопрочные проекты обеспечивают минимально возможные напряжения в несущих колоннах и стенах здания, то есть максимальную безопасность.

Заключение

Настоящая работа показывает плодотворность применения принципа равнопрочности к строительству высотных башен и небоскребов, позволяющего максимально использовать возможности строительного материала и достигать максимально возможных высот зданий при заданном уровне безопасности или максимальной безопасности при заданной высоте зданий. Достигнутая в настоящее время высота небоскребов оказывается еще весьма далекой от максимально возможных высот зданий.

Литература

[1] Черепанов Г.П., Ершов Л.В. Механика разрушения. М.: Машиностроение, 1977. 224 с.

Поступила в редакцию 22/*IX*/2005;
в окончательном варианте — 22/*IX*/2005.