

КОЭФФИЦИЕНТЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

Обсуждаются вопросы выбора значений коэффициентов безопасности элементов конструкций изделий машиностроения на этапе проектирования. Указаны основные методы установления значений коэффициентов безопасности: экспериментальный, экспертно-аналитический, вероятностно-статистический. Приведены рекомендуемые значения коэффициентов безопасности конструкций изделий для различных отраслей техники.

Обговорюються питання вибору значень коефіцієнтів безпеки елементів конструкцій виробів машинобудування на етапі проектування. Вказані основні методи встановлення значень коефіцієнтів безпеки: експериментальний, експертно-аналітичний, ймовірно-статистичний. Наведено рекомендовані значення коефіцієнтів безпеки конструкцій виробів для різних галузей техніки.

Problems for choosing values of safety factors of structural elements for mechanical engineering products at the design stage are discussed. The basic methods of determination of safety factors values are given: experimental, expert and analytical, probabilistic and statistic ones. Recommended values of safety factors of structural products for various branches of technical equipment are presented

При выполнении расчетов на прочность необходимо знать значения коэффициентов безопасности для всех этапов эксплуатации. Коэффициент безопасности вводится для компенсации допущений в определении нагрузок, условий функционирования, неточности методов расчета на прочность и т.д. Выбор численного значения коэффициента безопасности является наиболее важным и ответственным моментом расчета на прочность любого элемента изделия. При известном значении коэффициента безопасности расчетная нагрузка определяется умножением эксплуатационной нагрузки на коэффициент безопасности. От правильно выбранного значения коэффициента безопасности зависит как прочность элемента конструкции, так и его весовое совершенство. Поэтому выбору значений коэффициентов безопасности придается большое значение во всех отраслях техники. При выборе значений коэффициентов безопасности необходимо учитывать особенности и условия эксплуатации и изготовления реальной конструкции, поведение конструкции под нагрузкой, характер разрушения отдельных элементов и конструкции в целом; необходимо также знать основные физико-механические характеристики материалов, влияющие на конструктивную прочность.

Проектирование конструкции и экспериментальная отработка прочности проводится не на эксплуатационные $Q^Э$, а на расчетные Q^P нагрузки

$$Q^P = fQ^Э, \quad (1)$$

где f – коэффициент безопасности.

Значения коэффициентов безопасности в зависимости от расчетных случаев и назначения конструкции могут изменяться в широких пределах.

Повышенные требования к весовому совершенству изделий приводят к тому, что основу конструкций многих изделий машиностроения составляют тонкостенные элементы – стержни, пластины, оболочки, которые позволяют обеспечить необходимую прочность конструкции при жестких ограничениях по массе. Понятие "прочность конструкций" включает в себя, как правило, три направления:

– при действии внешних факторов конструкция и ее отдельные элементы должны сохранять целостность и прочность;

© В.В. Пилипенко Е.С. Переверзев, В.М. Федоров, 2009

– конструкция должна сохранять первоначальную форму при действии сжимающих или сдвигающих усилий или при действии их комбинаций – не должна терять устойчивость;

– перемещения конструкции в процессе эксплуатации не должны превышать заданных значений, т. е. конструкция должна быть достаточно жесткой.

Таким образом, целью прочностной обработки конструкций является обеспечение их прочности, устойчивости и жесткости.

Отдельной задачей является определение амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) конструкций. Знание АЧХ позволяет определить режимы колебаний, наиболее опасные с точки зрения усталостной прочности.

Весь комплекс работ, направленных на обеспечение прочности, можно разбить на следующие основные этапы [1]:

- анализ режимов эксплуатации;
- определение расчетной схемы;
- выбор материалов;
- обоснование значений коэффициентов безопасности;
- расчет на прочность;
- экспериментальная обработка и проверка прочности;
- обеспечение прочности в серийном производстве.

Для большинства конструкций изделий машиностроения основными с точки зрения обработки прочности являются следующие воздействия: силовые факторы (силы, изгибающие моменты, внешнее и внутреннее давления), вибрации, акустические факторы, нагрузки ударного типа, высокие и низкие температуры. Силовые факторы и действия температуры, которые медленно изменяются в процессе, эксплуатации относят к статическим нагрузкам; нагружение вибрациями, акустическими воздействиями и ударными факторами – к динамическим нагрузкам. Особенности нагружения многих современных конструкций являются комплексность и многофакторность воздействий: одновременно действует несколько различного рода нагрузок, например силовые факторы, нагрев, захлаживание, вибрации, акустика и т. п.

Методология обработки прочности конструкций основывается на следующих принципах [2]:

- прочность конструкции экспериментально подтверждается на всех этапах создания;
- проводятся автономные испытания отдельных элементов, что позволяет избежать потери конструкции в целом, если не обеспечена прочность какого-то одного элемента;
- окончательное суждение о прочности конструкции выдается только после испытаний натуральных объектов.

Порядок и объем экспериментальной обработки должен обеспечить необходимую прочность изделия. Конечной целью экспериментальной обработки является выдача заключения о прочности и анализ прочности конструкции с целью снижения ее массы.

Для большинства конструкций прочностная обработка характеризуется следующими основными этапами:

- проведение экспериментальных исследований по обоснованию выбора расчетной схемы (модели) проектируемой конструкции;

- экспериментальное определение физико-механических характеристик материалов;
- конструкторско-доводочные испытания;
- зачетные прочностные испытания;
- заводские испытания: контрольно-технологические и контрольно-выборочные испытания.

На первом этапе устанавливается расчетная схема конструкции, определяется комплекс физико-механических характеристик, которые влияют на прочность рассматриваемой конструкции. Если изделие проектируется из принципиально новых материалов, имеет новую конструктивную схему или новые условия нагружения, то выбор математической модели должен обосновываться экспериментальными исследованиями.

Второй этап предусматривает экспериментальное определение комплекса физико-механических характеристик в условиях нагружения, максимально приближенных к условиям эксплуатации. На этом этапе подтверждается прочность силовых узлов элементов конструкций, которые отличаются существенной новизной и не отработывались ранее, правильность выбранных конструкторских решений, этими испытаниями заканчивается этап проектирования.

Отработка конструкций на прочность содержит следующие виды испытаний:

- статические испытания, имитирующие воздействия распределенного давления (внешнего и внутреннего), сосредоточенных и распределенных сил, изгибающих и крутящих моментов;
- виброиспытания, имитирующие нагружение вибрациями различной частоты и интенсивности;
- ударные динамические испытания, имитирующие воздействие ударных силовых и температурных нагрузок;
- акустические испытания, имитирующие воздействие на конструкцию звуковой волны;
- комплексные испытания, имитирующие комплексное воздействие высоких и криогенных температур, силовых и динамических факторов;
- специализированные испытания (испытания высокотемпературнонапряженных узлов и т. д.).

Выбор значений коэффициентов безопасности является важным этапом проектирования. При установлении их значений следует учитывать назначение конструкции; специфику ее работы; условия эксплуатации; требования, обеспечивающие безопасность обслуживания. Чем больше коэффициент безопасности, тем надежнее работа элемента. Однако увеличение запасов сверх необходимой величины ведет к увеличению массы и элементов конструкций.

При выборе значений коэффициентов безопасности учитывается следующее [1]:

- безопасность обслуживания: если разрушение конструкции представляет опасность для жизни обслуживающего персонала (грузоподъемные средства, баллоны высокого давления и т. п.), то ее рассчитывают с повышенным коэффициентом безопасности;
- анализ последствий, к которым приводит разрушение: так, например, разрушение конструкции может привести к разрушению целого комплекса

сооружений, стоимость которых иногда в десятки раз превышает стоимость изделия;

– срок работы изделия: для расчета конструкции с продолжительным временем работы берутся повышенные коэффициенты безопасности;

– механические свойства материалов: при динамических нагрузках для пластических материалов требуется меньший коэффициент безопасности, чем для хрупких;

– точность определения нагрузок: чем точнее определены нагрузки, тем больше оснований для расчета конструкции с меньшим значением коэффициента безопасности;

– степень статической неопределенности: для многократно статически неопределенной конструкции можно принять пониженное значение коэффициента безопасности, так как разрушение отдельных элементов может не привести к потере несущей способности всей системы;

– наличие экспериментальных данных о несущей способности аналогичных конструкций;

– предполагаемый объем экспериментальной проверки: возможность опытной отработки прочности позволяет принять более низкое значение коэффициента безопасности;

– чувствительность конструкции к возможным дефектам изготовления: для тонкостенных конструкций, работающих на устойчивость, к выбору коэффициентов безопасности необходимо подходить с большей осторожностью;

– способ изготовления: для литых деталей обычно принимают более высокие значения коэффициентов безопасности, чем для штампованных;

– технический уровень производства: для конструкций, изготавливаемых в условиях строгой технологической дисциплины, с высоким контролем качества, принимаются меньшие значения коэффициентов безопасности.

В различных отраслях машиностроения по-разному подходят к выбору значений коэффициентов безопасности. В общем машиностроении принят расчет по допускаемым напряжениям, которые определяются как некоторая доля предела прочности. Кроме того, вводится коэффициент запаса по пределу текучести. За допускаемые напряжения принимается наименьшее значение из этих двух величин. В авиастроении принят расчет по разрушающим нагрузкам, которые равны эксплуатационной нагрузке, умноженной на коэффициент безопасности.

Все методы выбора количественных значений коэффициентов безопасности можно условно разделить на три группы:

– экспериментальные методы;

– экспертные методы;

– вероятностно-статистические методы.

В первом случае значения коэффициентов безопасности устанавливаются опытным путем.

При экспертном определении значений коэффициентов безопасности экспертами изучаются материалы по выбору коэффициентов безопасности для аналогичных элементов конструкции. В этом случае возможны два подхода к установлению значений коэффициентов безопасности. При первом подходе экспертами выставляется значение коэффициента безопасности для рассматриваемого элемента после тщательного изучения соответствующих

материалов. Потребное значение коэффициента безопасности f определяется по формуле

$$f = \sum_{i=1}^n \alpha_i f_i, \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

где f_i – значение коэффициента безопасности, установленное i -ым экспертом; α_i – относительная значимость i -го эксперта; n – число экспертов.

В случае равнозначности всех экспертов

$$f = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n}. \quad (3)$$

При втором подходе

$$f = \beta f_a, \quad (4)$$

где f_a – значение коэффициента безопасности для аналогичного элемента; β – коэффициент соответствия.

Конкретное значение коэффициента β устанавливается на основе экспертных методов. Процедура экспертного оценивания заключается в следующем. Группа экспертов изучает условия эксплуатации рассматриваемого элемента и элемента-аналога. Каждый эксперт выставляет значение коэффициента β . Усредненное значение коэффициента $\hat{\beta}$ находится по формуле

$$\hat{\beta} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \beta_i, \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \quad (5)$$

где β_i – значение коэффициента β , выставленное i -ым экспертом, $i = \overline{1, n}$.

В случае равнозначности всех экспертов

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i}{n}. \quad (6)$$

Значение коэффициента безопасности для рассматриваемого элемента определяется как

$$f_s = \hat{\beta} f_a. \quad (7)$$

Процедуры экспертного оценивания изложены в [3].

При вероятностно-статистическом подходе вероятность неразрушения P элемента конструкции определяется как

$$P = P(R - Q > 0), \quad (8)$$

где R , Q – случайные величины несущей способности и нагрузок.

Вероятность (8) может быть найдена аналитическими методами и статистическим моделированием. Аналитические зависимости наиболее просто

можно получить при нормальном распределении несущей способности и нагрузки.

В этом случае вероятность неразрушения P находится как

$$P = F(h), \quad (9)$$

$$h = \frac{\eta - 1}{\sqrt{\eta^2 \nu_R^2 + \nu_Q^2}}, \quad (10)$$

где $F(h) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^h \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx$ – функция стандартного нормального распределения;

$\eta = \frac{M_R}{M_Q}$ – коэффициент запаса; $\nu_R = \frac{\sigma_R}{M_R}$ – коэффициент вариации несущей способности;

$\nu_Q = \frac{\sigma_Q}{M_Q}$ – коэффициент вариации эксплуатационной нагрузки;

$M_R, M_Q, \sigma_R, \sigma_Q$ – математические ожидания и средние квадратические отклонения несущей способности и эксплуатационной нагрузки.

Выражения (9), (10) получены в предположении, что несущая способность и нагрузка – независимые случайные величины.

Решив уравнение (10) относительно η , находим [4]

$$\eta = \frac{1 + \sqrt{1 - (1 - h_{mp}^2 \nu_R^2)(1 - h_{mp}^2 \nu_Q^2)}}{1 - h_{mp}^2 \nu_R^2}. \quad (11)$$

Коэффициент η представляет собой отношение математических ожиданий несущей способности и нагрузки, в [5 – 7] этот коэффициент называется коэффициентом безопасности. Как уже отмечалось, расчетную нагрузку получают умножением максимальной эксплуатационной нагрузки на коэффициент безопасности f . Поэтому коэффициенты η и f имеют различный физический смысл. Заметим, что значения коэффициентов безопасности не позволяют оценить вероятность неразрушения конструкции. Выражение же (11) позволяет определить требуемое значение коэффициента η в зависимости от требуемого уровня вероятности неразрушения P_{mp} . При этом параметр h_{mp} находится из выражения (9) при $P = P_{mp}$.

В [8] предпринята попытка обосновать зависимость между коэффициентами f и η . На основе подхода, изложенного в [8], можно предложить следующее приближенное соотношение между этими коэффициентами

$$f = \eta \frac{1 + k \nu_R}{1 + k \nu_Q}, \quad (12)$$

где k – коэффициент, зависящий от уровня надежности, с которым определяются наибольшие значения нагрузки и несущей способности.

Из выражения (12) следует, что при $v_R = v_Q$, значения коэффициентов f и η совпадают.

При произвольных законах распределения нагрузки и несущей способности получить аналитические выражения для определения вероятности неразрушения не удастся. Однако, оценить эту вероятность можно статистическим моделированием. При обосновании коэффициентов безопасности на основе статистического моделирования возможны два подхода. В первом случае моделируются распределения несущей способности и нагрузки. При моделировании считаются известными математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение рассматриваемых случайных величин. При этом несущая способность и нагрузка могут описываться различными распределениями. Это позволяет исследовать влияние видов законов распределения несущей способности и нагрузки на коэффициент η . При статистическом моделировании по N реализациям несущей способности и нагрузки оценка вероятности неразрушения элемента конструкции находится как

$$\hat{P} = 1 - \frac{m}{N}, \quad (13)$$

где m – число реализаций, у которых $Q > R$.

Изменяя параметры распределений несущей способности и нагрузки, получаем различные значения вероятности неразрушения. Задавшись требуемым значением вероятности неразрушения, находим потребное значение коэффициента η по формуле

$$\eta = \frac{\hat{R}}{\hat{Q}}, \quad (14)$$

где \hat{R} , \hat{Q} – средние значения несущей способности и нагрузки, вычисленные по N реализациям.

Моделируя различные законы распределения несущей способности и нагрузки, выбираем те распределения, для которых при одинаковых значениях математического ожидания и дисперсии достигается наименьшее значение вероятности неразрушения.

При втором подходе на основе статистического моделирования можно оценить значение коэффициента η , когда известны зависимости несущей способности и нагрузок от соответствующих факторов.

Пусть имеются соотношения

$$R = F_1(x_1 \dots x_k), \quad (15)$$

$$Q = F_2(y_1 \dots y_r), \quad (16)$$

где F_1 – оператор, который позволяет по значениям переменных $x_1 \dots x_k$ рассчитать значение несущей способности R ; F_2 – оператор, который позволяет по значениям переменных $y_1 \dots y_r$ рассчитать значение нагрузки Q .

Задаваясь законами распределения переменных $x_1 \dots x_k$ и $y_1 \dots y_r$ и моделируя их, по формулам (15), (16) находим N реализаций несущей способности и нагрузки. По формуле (13) вычисляем вероятность неразрушения

элемента конструкции. Заметим, что все случайные величины могут описываться различными законами распределения. Это позволяет выбрать распределения случайных величин, для которых вероятность неразрушения принимает наименьшее значение.

В заключение приведем рекомендуемые значения различных нормативных коэффициентов, используемых для обеспечения прочности конструкций в общем машиностроении, строительной технике, судостроении, автомобильной промышленности, авиационной и ракетной технике.

В общем машиностроении для конструкций, работающих на прочность, принимают следующие коэффициенты безопасности f и запасы n по пределу текучести: $f = 1,3 - 2,6$; $n = 1,1 - 1,5$ – для пластичных материалов, у которых диаграмма растяжения (сжатия) имеет ярко выраженную площадку текучести.

Большие значения коэффициенты f и n принимают при многократном и продолжительном нагружении, меньшие – при кратковременном действии нагрузок с малым числом их повторяемости.

В соответствии со строительными нормами и правилами (СНиП) расчетные нагрузки получают умножением нормативных нагрузок на коэффициент «перегрузки» n . Этот коэффициент эквивалентен коэффициенту безопасности. Величина коэффициента зависит от вида и значений нормативных нагрузок и изменяется в пределах 1,1 – 1,4. В частности, для нагрузок от собственного веса сооружения и от гидростатического давления этот коэффициент принимается равным 1,1. Все нормативные нагрузки – климатические (ветровая, снеговая, тепловая) и технологические (крановая и связанная с установкой и передвижением грузов) – по уровню вероятности их реализации разбиваются на три категории. К первой категории относятся основные внешние воздействия, ко второй – дополнительные (не связанные с нормальной эксплуатацией сооружения), а к третьей категории – особые случайные внешние воздействия, возникающие в исключительных случаях (имеющих аварийный характер). Для учета совместного действия всех категорий внешних нагрузок вводятся два специальных коэффициента: однородности k и условий работы m . Поправочный коэффициент n_{nonp} вычисляется как

$$n_{nonp} = \frac{n}{mk}. \quad (17)$$

Коэффициент m учитывает особенности работы частей и элементов конструкций и влияние таких факторов, как наличие концентраторов, возможность хрупкого разрушения и т. п. Обычно он принимается равным: $m = 0,8$ для резервуаров, $m = 0,9$ для сжатых элементов, $m = 0,6 - 0,8$ для элементов соединений.

Коэффициент однородности k учитывает неоднородность свойств конструкций за счет изменчивости физико-механических характеристик материалов ее элементов в процессе их изготовления. Для сварных соединений он берется равным 0,7 – 0,9 (в зависимости от качества сварки), для прокатной стали $k = 0,85 - 0,9$ и для отливок из углеродистой стали $k = 0,75$. Заметим, что коэффициент n_{nonp} аналогичен коэффициенту безопасности f .

В автомобильной промышленности при проектировании несущих конструкций транспортных агрегатов, условия нагружения которых значительно сложнее, чем в строительных сооружениях, а экспериментальные возможности решения проблем их прочности шире, используется уже до десяти различных поправочных коэффициентов. Вводятся специальные коэффициенты надежности (порядка 1,1 – 1,3), коэффициент ответственности (от 1 до 1,3), а также коэффициент, учитывающий число экземпляров частей и деталей конструкции, подвергнутым испытаниям в процессе экспериментальной отработки ее прочности. Если число экземпляров мало, то $f = 1,1 - 1,15$, если велико, то коэффициент снижается до 1,05. Значения коэффициента f назначаются (в зависимости от отношения пределов прочности σ_e и текучести материала σ_m) в диапазоне от 1,2 до 2,5, а для хрупких материалов – от 2 до 6 (в зависимости от их ударной вязкости); в частности, для ковкого чугуна он принимается равным 2, а для отбеленного – 6. При недостаточной достоверности внешних силовых факторов и динамическом характере их приложения коэффициент f повышается в 1,5 – 2 раза.

В судостроении в качестве нормативных берутся нагрузки, соответствующие наиболее тяжелому возможному режиму эксплуатации. При этом используются следующие поправочные коэффициенты: на погрешность определения нагрузок (1,5 – 2), на погрешность применяемых математических моделей (1,2 – 2) и на погрешность самих методов расчета (1,2 – 1,5). Разброс несущей способности частей конструкции за счет случайного изменения физико-механических свойств материала учитывается дополнительным коэффициентом $f = 1,1 - 1,25$. Используются также коэффициенты однородности и условий работы, аналогичные тем, которые применяются в строительной технике. Коэффициент f по допускаемым деформациям принимается равным 1,5 – 2. Кроме того, вводится и коэффициент на несовпадение частот собственных и вынужденных колебаний элементов конструкции (порядка 1,25 – 1,3). Общий поправочный коэффициент, подобный коэффициенту безопасности, может изменяться в диапазоне от 2 до 6.

Хотя применение системы поправочных коэффициентов позволяет конкретизировать их физический смысл и лучше уяснить пути их снижения, в авиационной технике (при еще более сложных условиях нагружения) предпочитают пользоваться преимущественно одним коэффициентом безопасности. При этом соответствующими нормами прочности (самолетов, вертолетов) предусматривается обязательная экспериментальная оценка фактического уровня несущей способности конструкции в условиях силового и теплового нагружения, идентичных расчетным.

Для летательных аппаратов значения коэффициентов безопасности для квазистатических режимов нагружения изменяются в пределах от 1,2 до 2. По требованиям норм прочности США, для летательных аппаратов самолетного типа коэффициент безопасности берется равным 1,5 – 2,0 [9]. Для пилотируемых летательных аппаратов баллистического типа $f = 1,4$, а для непилотируемых $f = 1,25$; в случае обслуживания на земле коэффициент безопасности f повышается до 1,5. Для баллонов высокого давления при их заправке в присутствии людей обычно коэффициент безопасности $f \geq 2$.

В [8] приведена таблица рекомендуемых значений коэффициентов безопасности для ракетных конструкций. Значения коэффициентов безопасности

для основных конструктивных элементов изменяются от 1,3 до 2,25. а на число циклов при транспортировке $f = 4$.

В общем случае при выполнении расчетов на прочность все нагрузки можно условно разделить на статические, динамические и циклические. В связи с такой классификацией нагрузок можно ввести три коэффициента безопасности:

- статический коэффициент безопасности – $f_{ст}$;
- динамический коэффициент безопасности – $f_{дин}$;
- коэффициент безопасности по циклической прочности – $f_{цикл}$.

Статический коэффициент безопасности изменяется в пределах 1,3–1,5; динамический коэффициент – в пределах 1,5–1,7; коэффициент безопасности по циклической прочности: по напряжениям $f_{цикл} \geq 2$, по циклам $f_{цикл} \geq 4$.

Приведенные в статье соотношения и рекомендации могут быть использованы при выборе значений коэффициентов безопасности конструктивных элементов изделий машиностроения на этапе проектирования.

1. Лизин В. Т. Проектирование тонкостенных конструкций / Лизин В. Т., Пяткин В. А. – М. : Машиностроение, 1976. – 408 с.
2. Грибанов В. Ф. Методы обработки ракетно-космических комплексов / Грибанов В. Ф., Рембеза А. И., Голиков А. И. – М. : Машиностроение, 1995. – 352 с.
3. Еремеев А. П. Экспертные модели и методы принятия решений / Еремеев А. П. – М. : МЭИ, 1995. – 110 с.
4. Переверзев Е. С. Надежность и испытания технических систем / Переверзев Е. С. – Киев : Наук. думка, 1990. – 328 с.
5. Макаревский А. И. Прочность самолета (методы нормирования расчетных условий прочности самолета) / Макаревский А. И., Корчемкин Н. Н., Француз Т. А., Чижов В. М. / Под ред. акад. А. И. Макаревского. – М. : Машиностроение, 1975. – 280 с.
6. Гладкий В. Ф. Прочность, вибрация и надежность конструкции летательного аппарата / Гладкий В. Ф. – М. : Наука, 1975. – 456 с.
7. Гладкий В. Ф. Вероятностные методы проектирования конструкции летательного аппарата / Гладкий В. Ф. – М. : Наука, 1982. – 272 с.
8. Прочность ракетных конструкций / В. И. Моссаковский, А. Г. Макаренков, П. И. Никитин и др.; Под ред. В. И. Моссаковского. – М.: Высш. шк., 1990. – 359 с.
9. Балабух Л. И. Строительная механика ракет / Балабух Л. И., Алфутов Н. А., Усюкин В. И. – М. : Высш. шк., 1984. – 391 с.

Ин-т технической механики
НАН Украины и НКА Украины,
Днепропетровск
ГП “КБЮ “Южное”,
Днепропетровск

Получено 23.07.08,
в окончательном варианте 14.01.09