

А. Ф. Кокошко

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ НА НАДЕЖНОСТЬ СТУЛЬЕВ

При определении понятия надежности мебельных изделий необходимо различать две стороны вопроса: качественную и количественную. Надежность, как свойство изделия, характеризуется качественным определением. Количественные же характеристики служат числовыми критериями, измеряющими проявление этого свойства.

К числу основных понятий надежности относятся понятия надежности и отказа. Однако в настоящее время еще нет твердо установленной терминологии основных понятий надежности и даже само это понятие определяется по-разному. На наш взгляд, для мебельных изделий наиболее обоснованным понятием надежности будет понятие, рекомендованное Комитетом научно-технической терминологии АН СССР: свойство изделия, обусловленное безотказностью, долговечностью и ремонтпригодностью самого изделия и его деталей и обеспечивающее сохранение эксплуатационных показателей изделия в заданных пределах.

Под отказом мебельного изделия будем понимать такой случай, после появления которого наступает полное прекращение работы изделия или технические характеристики выходят за допустимые пределы (поломки деталей, расклеивание шипового соединения и т. п.).

Из наблюдений за эксплуатацией стульев установлено, что наиболее распространены такие отказы, при которых восстановить или отремонтировать стул, как правило, не удастся (шиповое соединение, предельная деформация и т. п.). Отказы, которые легко устраняются без больших затрат времени и средств нами в расчет не принимаются. На основании этого стулья можно отнести к числу неремонтируемых и невосстанавливаемых изделий.

При эксплуатации стулья попадают в различные условия, которые заранее очень трудно предусмотреть. При этом на стулья действуют статические и динамические (циклические) нагрузки. От действия последних стул быстрее всего выходит из строя.

В связи с тем, что условия эксплуатации стула самые различные, время возникновения отказов или время работы изделия между отказами представляет собой случайное явление. Объясняется

это еще и различным качеством материалов, идущих на изготовление стула, различием технологии изготовления и др. Поэтому отказ трудно рассчитать, а еще труднее измерить.

Случайный характер возникновения отказов дает возможность использовать при расчете надежности стульев в качестве математического аппарата теорию вероятностей и математическую статистику. Однако методы теории вероятностей имеют существенный недостаток — не позволяют точно предсказать время и место возникновения отказа для данного конкретного образца изделия. Они позволяют исследовать закономерности отказов как массовых явлений, и поэтому мы будем говорить о надежности не одного конкретного образца, а целого класса однотипных изделий. Однако даже такое вероятностное определение надежности дает возможность рационально конструировать изделия, грамотно и с наибольшей выгодой эксплуатировать их.

Понятие надежности как важнейшей характеристики изделия вызывает необходимость сформулировать основные критерии, с помощью которых можно было бы количественно оценивать надежность изделия, проводить сравнительную оценку различных конструктивных решений, устанавливая пути повышения надежности и т. п.

Так как стулья мы отнесли к числу неремонтируемых и невосстанавливаемых изделий (легко устранимые отказы в расчет не принимаются), то их надежность может характеризоваться только безотказностью и долговечностью. В качестве критериев безотказности для стульев наиболее удобно принять вероятность безотказной работы —  $P(t)$ , опасность (интенсивность) отказов —  $\lambda(t)$  и частоту отказов —  $d(t)$ ; для характеристики долговечности — среднее время безотказной работы —  $T$ . Понятие ремонтпригодности, входящее в понятие надежности, для стула в данном случае не имеет смысла.

Принятые количественные характеристики надежности определяются из следующих статистических выражений:

$$P(t) = \frac{N_0 - N(t)}{N_0};$$

$$d(t) = \frac{n(t)}{N_0 \cdot \Delta t};$$

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{\Delta t \cdot N_{cp}};$$

$$T = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_i}{N_0},$$

где  $N_0$  — число изделий в начале испытаний;

$$n(t) \text{ — число отказавших изделий за время } \Delta t;$$

$$N_{\text{ср}} = \frac{N_i + N_{i+1}}{2} \text{ — среднее число образцов, исправно работающих в интервале времени } \Delta t;$$

$$N_i \text{ — число изделий, исправно работающих в начале интервала времени } \Delta t;$$

$$N_{i+1} \text{ — число изделий, исправно работающих в конце интервала } \Delta t;$$

$$t_i \text{ — время работы } i\text{-го изделия до отказа.}$$

При расчете надежности стула делаются следующие допущения:

- а) отказы — события случайные и независимые;
- б) отказ любого одного элемента приводит к отказу всего изделия;
- в) опасность отказов элементов — величина постоянная.

Для экспериментального определения надежности взяты стулья, выпускаемые Кишиневской мебельной фабрикой № 6: гнотоклеевый без проножки и с проножкой и гнутый из массива с проножкой (буковый). В этих стульях задние ножки к трапецевидальной замкнутой царге крепятся при помощи болта М6×55 (ГОСТ 7793—53), передняя ножка вставляется на круглый цельный шип в отверстие, сделанное в бобышке царги, по тугой посадке (ГОСТ 6449—53). Применяемый клей при сборке — К-17 с вязкостью 60—90 сек по ВЗ-4. Отобранные стулья для испытаний выдерживались не менее 48 час в помещении при температуре воздуха  $20 \pm 2^\circ$  и относительной влажности  $60 \pm 5\%$ .

Для изучения влияния некоторых конструктивных и технологических факторов на надежность стульев был принят метод качания, который наиболее полно имитирует условия эксплуатации стульев. Суть его заключается в том, что стул устанавливается и закрепляется на испытательном стенде, изготовленном по чертежам ВПКТИМ (проект 511М-00-00). На сидение устанавливается груз весом 80 кг с центром тяжести, расположенном в центре сидения. Затем стулу сообщается качательное движение (попеременно на задних и передних ножках) — 24 качания в минуту. Замер деформации, а также осмотр стула производится через каждые 500 циклов качаний. Испытания считаются законченными, если деформация стула достигает 6 мм или происходит расклейка переднего узла и т. п. Стулья испытывались до 4 тыс. качаний.

Исследованию подвергались различные факторы.

1. *Расположение болта в царге по высоте.* Для исследований были приняты 3 схемы расположения болта в царге по высоте: болт расположен на расстоянии  $H=15, 22$  и  $29$  мм от нижнего края царги.

Затяжка болта во всех случаях 242 кг. Передний узел изготовлялся по тугой посадке (натяг —  $+0,45$  мм), клеем намазывались

шип и гнездо. Для гнутоклееных стульев было проведено по 3 серии опытов по 20 стульев в каждой серии. Количественные характеристики надежности вычислялись по формулам, приведенным выше. На основании полученных результатов построены графики (рис. 1, а).

Анализируя полученные кривые (1 и 2), приходим к выводу, что задний узел гнутоклееного стула без проножки обладает очень

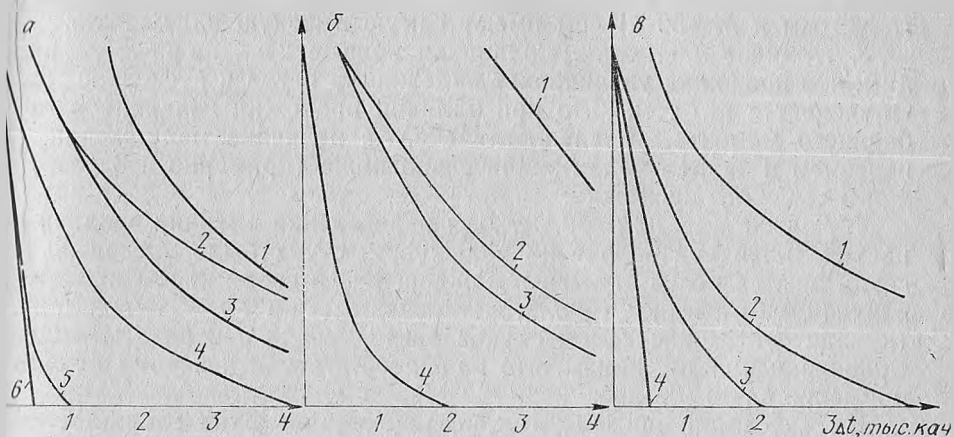


Рис. 1. Зависимость надежности стульев:

а — от высоты расположения болта в царге: 1, 3, 4 — стул гнутоклееный с проножкой ( $H=29, 22, 15$  мм соответственно), 2 — стул гнутый из массива с проножкой ( $H=15$  мм), 5, 6 — стул гнутоклееный без проножки ( $H=29, 15$  или  $22$  мм соответственно, затяжка болта везде  $M=30$  кг·см); б — от усилия предварительной затяжки болта: 1, 2, 3, 4 — стул гнутоклееный с проножкой ( $M=50, 50, 30, 10$  кг·см соответственно,  $H=22$  мм в первых трех случаях и  $29$  мм в последнем случае); в — от расхода клея при сборке: 1, 3 — стул гнутоклееный из массива с проножкой (во втором случае клеем намазывался только шип), 2, 4 — стул гнутоклееный с проножкой и без проножки соответственно (для всех случаев  $H=15$  мм,  $M=30$  кг·см).

низкой надежностью, поэтому к эксплуатации непригоден. Долговечность  $T=0$ .

В гнутоклееном стуле с проножкой (кривые 3, 4 и 5) задний узел при постановке болта по схеме 3 ( $H=29$  мм) имеет более высокую надежность, чем при изготовлении по первым двум схемам. Объясняется это тем, что при изготовлении стула по третьей схеме момент сопротивления в месте контакта соединяемых деталей максимальный, а напряжения при нагружении стула минимальные. Следовательно, величина деформации в этом случае будет меньше, чем для первых двух схем, т. е. узел будет более прочным, а отсюда и более надежным ( $T=75$  кач.).

Стул гнутый из массива с проножкой (буковый) имеет более высокую надежность (кривая б): в нем передний узел более прочный (длина шипа выше).

2. *Усилие затяжки болта.* Влияние усилия предварительной затяжки болта на надежность стула определялось только для гнуто-

клееного стула с проножкой. При этом к гайке прикладывались моменты затяжки в 10, 30 и 50 кг·см (усилие предварительной затяжки соответственно 81, 242 и 403 кг). В каждой серии было испытано по 20 стульев. Кроме того, было испытано 20 стульев с  $H=29$  мм и моментом на гайке  $M=50$  кг·см. В первых трех сериях болт в царге был расположен на расстоянии  $H=22$  мм. На основании полученных данных построены графики (рис. 1, б). Анализируя полученные кривые, видим, что стулья, изготовленные с  $H=29$  мм и  $M=50$  кг·см имеют самую высокую надежность.

3. *Наличие проножки.* Сравнивая кривые 2 и 5 на рис. 1, а, видим, что проножка увеличивает надежность стула в несколько раз. Объясняется это тем, что при наличии проножки величина изгибающего момента, а следовательно, и величина напряжений в переднем и заднем узлах значительно ниже (примерно в 3 раза), чем в стуле без проножки.

4. *Расход клея при сборке.* Для определения влияния величины расхода клея при сборке на надежность стула было проведено 2 серии опытов по 20 стульев в каждой. В 1-й серии клеем намазывались шип и гнездо (рис. 1, в, кривая 3), во 2-й — только шип (кривая 4). В последнем случае расход клея в 2 раза меньше. Сравнивая кривые, видим, что надежность стула в первом случае примерно на 40% выше.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Предложенные критерии надежности хорошо характеризуют работу стула во времени, позволяют производить сравнение надежности различных видов стульев, изучать влияние различных факторов на надежность стула, намечать мероприятия по повышению надежности и т. п.

2. Стул обладает повышенной надежностью, если при изготовлении его:

а) болт будет расположен в царге на расстоянии  $H=25\div 30$  мм от нижнего края царги;

б) предварительная затяжка болта будет произведена с усилием 300—400 кг (момент на гайке 40÷50 кг·см);

в) при сборке шипового соединения клеем намазывать и шип, и гнездо.

3. Наличие проножки увеличивает надежность стула в несколько раз (примерно 3—5).

4. При проектировании изделий необходимо для изготовления ответственных деталей и узлов назначать более прочные материалы (имеющие более высокий модуль упругости на сжатие).

5. При проектировании шиповое соединение должно иметь максимально возможные размеры (длина и диаметр).