

Н. Я. ГАРКАВИ, ст.н.с., ДИИТ (Украина);  
 В. Я. ПАНАСЕНКО, к.т.н., доцент, ДИИТ (Украина);  
 И. В. КЛИМЕНКО, к.т.н., доцент, ДИИТ (Украина)

## К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ

На прикладі функціонування системи, що цілком не спостерігається, продемонстровані особливості експлуатації статично невизначеного механізму. Розібрано одну зі структурних схем «запобіжника від заклинювання механізму».

На примере функционирования не полностью наблюдаемой системы продемонстрированы особенности эксплуатации статически неопределимого механизма. Разобрана одна из структурных схем «предохранителя от заклинивания механизма».

On the example of functioning the incompletely observed system there are demonstrated the particularities of exploitation of the statically undetermined mechanism. One of structured schemes of «the safety device from wedging of the mechanism» is analyzed.

### Постановка проблемы в общем виде. Анализ публикаций

Любой механизм должен быть индифферентным к возможным деформациям и перемещениям деталей, а также должен удовлетворять условиям принуждённой сборки. Таким образом, детали механизма должны иметь возможность самоустанавливаться (то есть приспособливаться к изменениям положения опорных точек звеньев при изменении их взаимного положения). В 1951 году профессор Л. Н. Решетов пришел к выводу, что за немногими исключениями этим условиям удовлетворяют только механизмы без «лишних» связей (статически определимые механизмы). Кроме прочего, Л. Н. Решетов также рекомендовал, чтобы при разработке структурных схем статически определимых механизмов была исключена возможность заклинивания механизма. В настоящее время структурные схемы для большинства статически определимых механизмов найдены [1-3]. Однако до сих пор «по инерции» продолжается конструирование статически неопределимых механизмов.

### Выделение плохо освещенной ранее части общей проблемы

Данная статья посвящена демонстрации весьма неприятных особенностей достаточно простых статически неопределимых механизмов, рассматриваемых здесь как не полностью наблюдаемые системы. Варианты изменемости не полностью наблюдаемой системы не сложно определить, а вот когда какой вариант «сработает» и «сработает» ли он вообще для не

полностью наблюдаемых систем определить не возможно. В статье показано, что при расчетах иногда можно считать, что в не полностью наблюдаемых системах возможны потеря «лишней» связи или появление «дополнительной» связи.

### Изложение основного материала исследований

Задача 1. Пусть статически неопределимая конструкция представляет собой балку постоянного сечения весом  $Q$ , лежащую на трёх опорах  $A$ ,  $B$  и  $C$  (рис. 1а), причем опоры  $A$  и  $C$  равно удалены от опоры  $B$ . В соответствии с правилами сопромата определим реакции опор [4]. Очевидно, что  $R_A = R_C = \frac{3}{16}Q$  и  $R_B = \frac{5}{8}Q$ .

Предположим, что основание опоры  $C$  по какой-то причине опустилось на какую-то величину, достаточную, чтобы между балкой и опорой  $C$  образовался зазор. Опора  $C$  теперь оказалась не нагруженной. Но тогда и опора  $A$  не нагружена, а реакция опоры  $B$  равна весу балки ( $R_A^{(1)} = R_C^{(1)} = 0$ ,  $R_B^{(1)} = Q$ ).

Предположим, что в первоначальной системе основание опоры  $B$  (только опоры  $B$ !) опустилось на какую-то величину, достаточную, чтобы зазор образовался между балкой и опорой  $B$ . Опора  $B$  теперь оказалась не нагруженной. При этом реакции опор  $A$  и  $C$  равны половине веса балки ( $R_A^{(2)} = R_C^{(2)} = Q/2$ ,  $R_B^{(2)} = 0$ ).

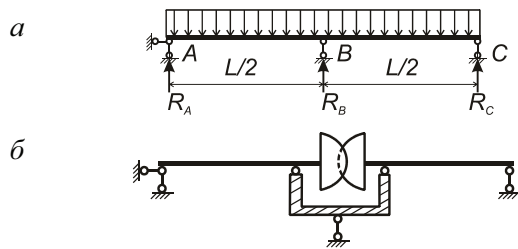


Рис. 1. Схемы статически неопределимой не полностью наблюдаемой системы (а) и разрезного вала с торцевым зубчатым защемлением и шаровыми подшипниками (б)

Представим себе ситуацию, когда по пересеченной местности эту же балку несут три человека. Очевидно, наибольшая возможная вертикальная нагрузка, приходящаяся на крайних носильщиков, равна  $R_A^{(2)} = R_C^{(2)} = Q/2$ , а наибольшая возможная вертикальная нагрузка, приходящаяся на среднего носильщика, равна  $R_B^{(1)} = Q$ . Также очевидно, что если опора  $B$  теряет устойчивость при реакции  $R_B^{(1)} \leq Q$ , то опоры  $A$  и  $C$  ни в коем случае не должны терять устойчивость при  $R_A^{(2)} = R_C^{(2)} = Q/2$ , а если опора  $B$  не теряет устойчивости при  $R_B^{(1)} = Q$ , то требований к устойчивости опор  $A$  и  $C$  можно не предъявлять.

Задача 2. Усложним предыдущую задачу. Пусть неразрезной вращающийся вал опёрт на три опоры (рис. 1а). После каждого профилактического ремонта высота этих опор юстируется. Между ремонтами эта юстировка может нарушиться. Основание, на которое опираются опоры, подвержено вибрациям. Не очевидно, но не исключено, что за какое-то время на валу накопятся не допустимые усталостные изменения, обусловленные изгибом оси вала вследствие неправильной юстировки опор. Отметим, что конструкция из двух валов с, допустим, зубчатой передачей (рис. 1б) является более рациональной относительно накопления усталости вследствие ошибок юстировки.

Задача 3. Пусть по стержню при помощи тяги может возвратно-поступательно двигаться бегунок. Пусть принципиально не исключена возможность заклинивания бегунка на стержне. Определить величину силы, «срывающей» бегунок из заклиненного состояния, обычно затруднительно. Иногда целесообразно «поставить на тяге предохранитель».

Об одной из возможных конструкций такого предохранителя, представленной на рис. 2, докладывал на международной конференции изобретатель из ЮАР Г. Шеффель. Представленный на рис. 2 предохранитель не срабатывает, пока тяга сохраняет «рабочую» длину, а продольная сила, приложенная к тяге, не достаточна, чтобы сухарик «выскочил» по наклонной плоскости из «ямки». После восстановления тягой «рабочей» длины, если этому не препятствует продольная сила, сухарик опять проваливается в «ямку», фиксируя длину тяги.

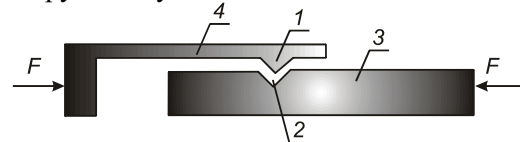


Рис. 2. Структурная схема «предохранителя от заклинивания»: 1 – сухарик; 2 – «яма»; 3, 4 – разрезная тяга

## Выводы

1. Иногда для расчета не полностью наблюдаемых систем целесообразно считать возможным потерю «лишних» связей или появление «дополнительных» связей.
2. Многие проблемы можно ликвидировать созданием статически определимых механизмов, придав передаче свойства адаптации по всем возможным неточностям изготовления и монтажа её деталей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гаркави, Я. Н. Уравнительные механизмы железнодорожных автоматических устройств [Текст] / Я. Н. Гаркави. – М.: Транспорт, 1967. – 80 с.
2. Решетов, Л. Н. Конструирование рациональных механизмов [Текст] / Л. Н. Решетов. – М.: Машиностроение, 1979. – 334 с.
3. Кожевников, С. Н. Основания структурного синтеза механизмов [Текст] / С. Н. Кожевников. – К.: Наук. думка, 1984. – 132 с.
4. Тимошенко, С. П. Сопrotивление материалов [Текст]. – Т. 1. / С. П. Тимошенко. – Л., М.: ОНТИ, гос. технико-теоретическое изд-во, 1934. – 328 с.

Поступила в редколлегию 21.07.2009