

## Экспериментальные исследования

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ КОНСОЛЬНОГО КАБЕЛЕДЕРЖАТЕЛЯ

А.А. ФРОЛОВ, канд. техн. наук, доц.

Е.Ю. ВЕРХОВ, канд. техн. наук, доц.

Ю.А. МОРОЗОВ, канд. техн. наук, доц.\*

Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)  
111250, Москва, Б. Семеновская, 38, т. 8(916)877-66-96\*; [akafest@mail.ru](mailto:akafest@mail.ru)\*

Рассматривается возможность снижения массы консольного кабеледержателя. Проведенные с этой целью эксперименты по изменению формы и размеров ребра жесткости позволили найти пути возможного изменения конструкции, позволяющие существенно уменьшить материалоемкость детали, не меняя ее прочностных параметров при сохранении предельных допустимых нагрузок на кабеледержатель.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кабеледержатель, консоль, чугун, максимальная нагрузка, испытания на разрушение.

При прокладке кабелей в типовых проходящих колодцах их внутренние стенки оснащаются кронштейнами, к которым при помощи специальных консольных болтов крепятся кабеледержатели (консоли), имеющие от 1-го до 6-ти ручьев – лож (рис. 1, 2) [1].

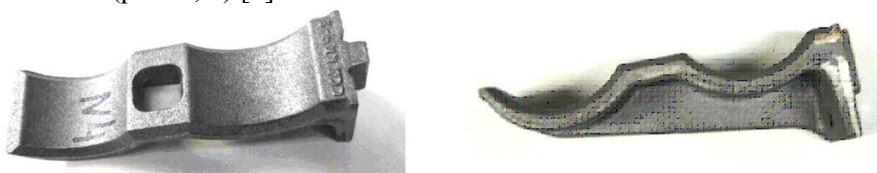


Рис. 1. Общий вид двухручьевой консоли

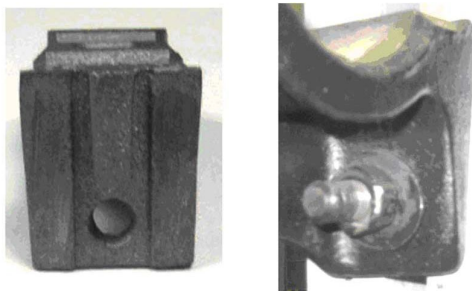


Рис. 2. Крепление консоли к кронштейну

есть их механическая прочность, проверяемая следующим образом: консоль крепят болтом через отверстие в ее торце к кронштейну, что полностью соответствует условиям эксплуатации, а с противоположной стороны в центре крайнего ручья прикладывают усилие в 160 кг с выдержкой под нагрузкой в течение 10 мин (рис. 3). После испытания производят внешний осмотр консоли на предмет возникновения трещин, при этом механические повреждения не допускаются.

С целью обоснованного снижения массы консоли, а, следовательно, и расходов на ее изготовление, проверим фактические разрушающие нагрузки, действующие на консоль.

При условии заданной нагрузки и материала консоли, основными определяющими параметрами, обеспечивающими прочность детали, являются форма

Указанные консоли, согласно ранее действовавшему ГОСТ 8850-80, а также ТУ 45-87-6e413000, принятому в одном из основных поставщиков этой продукции ЗАО «Связьстройдеталь», г. Москва, должны изготавливаться литьем из серого чугуна марки не ниже СЧ-15 по ГОСТ 1412-85 [2].

Приемка готовой партии консолей осуществляется по многим параметрам, но одним из определяющих является

и размеры поперечного сечения (переменная высота и толщина ребра жесткости, ширина и толщина ложа), а также длина, задающая удаленность точки приложения нагрузки от торца (подпятника) консоли.

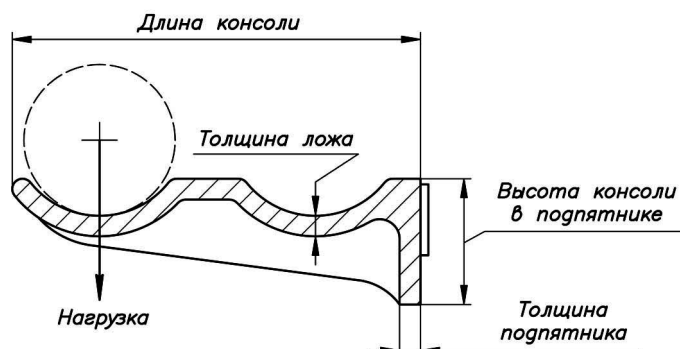


Рис. 3. Форма и размеры поперечного сечения консоли

Следует отметить, что размеры поперечного сечения не является постоянными по длине консоли, а меняются за счет изменения высоты ребра жесткости. В свою очередь эта высота по мере приближения к торцу консоли может, как возрастать по мере выхода из лож, так и убывать по мере входа в ложе и смещения к его нижним точкам. Толщины поперечного сечения (ложа и ребра жесткости) остаются постоянными и равными в настоящее время 8,0 мм. При схеме нагружения, используемой в испытаниях, консоль можно приближенно рассматривать как жесткозашемленный брус с переменным сечением, подвергаемый поперечному изгибу в плоскости чертежа. В этом случае наиболее опасным будет сечение в зоне крепления консоли болтом, а нагрузки, возникающие в нем будут зависеть от величины изгибающего момента, действующего в точке крепления (а по сути, от удаленности рассматриваемого сечения до точки приложения нагрузки, определяющего величину изгибающего момента, так как усилие нагружения в испытаниях постоянно и равно 160 кг).

Практика использования консолей позволяет сделать предположение, что форма и размеры, как поперечного сечения конструкции, так и ребра жесткости являются избыточными, так как не имеется случаев разрушения консолей при условии их правильной эксплуатации и отсутствии дефектов при изготовлении.

Это обусловлено двумя факторами:

а) судя по всему изначально рассчитанные на нагрузку в 160 кг (1570 Н) консоли имели чрезмерно большой запас прочности;

б) применяемые в настоящее время кабели имеют существенно меньшую массу, по сравнению с ранее использовавшимися, что приводит к существенно снижению максимальных нагрузок на практике.

Таблица 1.

Масса и основные геометрические размеры стандартных консолей

Параметр	Тип консоли				
	ККЧ-1	ККЧ-2	ККЧ-3	ККЧ-4	ККЧ-6
Масса консоли, кг	0,8	1,4	2,2	3,2	5,0
Ширина консоли, мм	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Длина консоли, мм	108,0	217,0	325,0	434,0	654,0
Высота консоли в подпятнике, мм	65,0	65,0	75,0	100,0	100,0
Толщина ложа, мм	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Толщина ребра, мм	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0

Для подтверждения этого были проведены испытания по определению фактических разрушающих нагрузок серийно поставляемых консолей, изготовленных в соответствии с указанными выше техническими условиями (табл. 1).

Испытания были проведены на стенде СИАК (ЗАО «Связьстройдеталь»), при этом была реализована эксплуатационная схема работы консолей и их приемки в соответствии с действующими нормативными документами.

Консоли были закреплены на кронштейне ККП-60, установленном на стенке СБ-1 колодца ККС. Нагрузка прикладывалась на крайний ручей с помощью ручной лебедки и замерялась динамометром (рис. 4). Результаты испытаний были отражены в соответствующих Протоколах (на каждый тип консолей было проведено по три испытания) и приведены в табл. 2.



Рис. 4. Схема нагружения консоли при испытаниях

Таблица 2.

Результаты испытаний стандартных консолей

Тип консоли	Результаты испытания, нагрузка		Примечание
	160 кг (1570 Н)	300 кг (2940 Н)	
ККЧ-1	Выдержала	Выдержала	Деформ. болта
ККЧ-2	Выдержала	Выдержала	Деформ. болта
ККЧ-3	Выдержала	Выдержала	Деформ. болта
ККЧ-4	Выдержала	Выдержала	Деформ. болта
ККЧ-6	Выдержала	Выдержала	Деформ. болта

При достижении нагрузки, равной 160 кг (1570 Н) давалась выдержка в течение 10 мин и проводился визуальный осмотр консоли на поврежденность. Затем, если консоль не разрушалась, то нагрузка постепенно увеличивалась до 300 кг (2940 Н), т.е. составляла, близкую, к двукратной, от стандартной.

Из приведенных данных следует:

1. Ни одна из консолей при нагрузке в 160 кг (1570 Н) не разрушилась. Таким образом, эта нагрузка не является разрушающей ни для одного вида стандартных консолей, включая ККЧ-6, как самой нагруженной из-за наибольшей величины напряжений в подпятнике.

2. Результаты испытаний при нагрузке в 300 кг (2940 Н, т.е. в 1,87 раза большей, чем стандартная) также не привели к разрушению консолей. Однако при достижении этой нагрузки была зафиксирована деформация консольного болта, что не позволило ее увеличить далее и довести консоль до разрушения. Даже для ККЧ-6 величина напряжений не достигает критических.

3. Указанные выше размеры поперечных сечений и ребра жесткости рассматриваемых консолей, несомненно, являются избыточными и их можно

уменьшить, сохранив при этом требуемую по нормативным документам прочность.

Первое, что напрашивается, в этом случае – изменение формы и размеров ребра жесткости, так как оно вносит существенный вклад в общую массу консоли. Так для консолей ККЧ-2 и ККЧ-3 масса ребра по отношению ко всей массе консоли составляет примерно 25%. Таким образом, уменьшение его размеров может дать существенный вклад в общее уменьшение массы.

В связи с этим нами были проведены «оценочные» эксперименты, аналогичные вышеуказанным, целью которых было показать, что изменение формы ребра, приводящее к уменьшению массы консоли возможно без существенного уменьшения прочностных характеристик.

При этом варьировались следующие параметры: расстояние от края подпятника до края начала выреза ребра  $b$  и глубина выреза  $h$  (рис. 5) [3-5]. Радиус скругления  $R$  был везде одинаков и равен 30 мм. Результаты испытаний представлены в табл. 3.

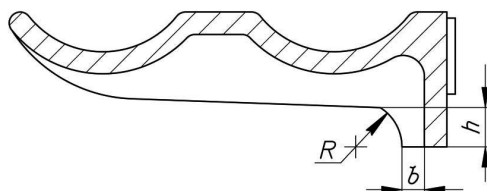


Рис. 5. Параметры выреза в ребре жесткости

Таблица 3

Результаты испытаний облегченных консолей

Тип консоли	Нагрузка при разрушении	Параметры, мм		Масса консоли, кг
		$b$	$h$	
ККЧ-1	Не разрушилась	0,00	25,0	0,60
ККЧ-2	2400 Н	0,00	22,0	1,05
ККЧ-3	2300 Н	18,0	25,0	1,80
ККЧ-4	2100 Н	45,0	30,0	2,65
ККЧ-6	1950 Н	60,0	30,0	4,40

Общий вид консолей ККЧ-2 и ККЧ-3 с измененной формой ребра показан на рис. 6.



Рис. 6. Общий вид консолей ККЧ-2 и ККЧ-3 с измененной формой ребра

Коротко выводы по результатам испытаний сводятся к следующему:

1. Консоль ККЧ-1 выдержала все приложенные нагрузки и не разрушилась.
2. Консоль ККЧ-2 разрушилась при нагрузке в 2400 Н.
3. Консоль ККЧ-3 разрушилась при нагрузке 2300 Н.

Следует отметить, что во всех вышеуказанных случаях разрушение происходило в подпятнике консоли, как самом нагруженном месте (рис. 7). Однако изменение формы выреза позволило сместить область разрушения на ложе. Так для консоли ККЧ-3 увеличением расстояний  $b$  до 22 мм и  $h$  до 30 мм удалось дополнительно уменьшить массу до 1,7 кг при практически сохранении разрушающей нагрузки 2250 Н. При этом разрушение произошло в первом ложе от подпятника.

Из изложенного следует, что уменьшение массы консоли за счет изменения ряда конструктивных параметров при сохранении ее прочностных параметров возможно. Проведенные предварительные эксперименты на облегченных консолях показали уменьшение массы примерно на 15%. Учитывая большие объемы использования данных деталей (сотни тысяч штук в год), можно говорить о перспективе большой экономии материала при их изготовлении и как следствие значительном экономическом эффекте.

Решение этой задачи можно достигнуть различными путями. Актуальной является задача по уменьшению площади поперечного сечения консоли и изменению формы и размеров ребра жесткости, а также толщины ложа. Даже равномерное уменьшение толщины ребра жесткости и толщины ложа до 6,0 мм позволит дополнительно уменьшить массу консоли еще ориентировочно в среднем на 15%. Однако изменение указанных выше конструктивных параметров не должно быть постоянным по длине консоли, а увеличиваться по мере приближения к крайнему ложу, как наименее нагруженному.

В настоящее время на основании метода МКЭ разработана математическая модель, позволяющая перейти к решению задачи о равнонапряженности консоли по ее длине. В этом случае материал конструкции будет использоваться с максимальной эффективностью, а конструкция иметь минимально возможную массу. Результаты решения этой задачи будут опубликованы позже.

#### Л и т е р а т у р а

1. Руководство по строительству линейных сооружений местных сетей связи. – М.: ОАО ССКТБ-ТОМАСС, 2005.
2. Консоли [электронный ресурс] / ЗАО «Связьстройдеталь». Каталог. – Электрон. дан. (1 файл). – М.: ЗАО «Связьстройдеталь», 2014. – Режим доступа: <http://www.ssd.ru/catalog/tile.php?ID=4172>, свободный. – Загл. с экрана.
3. *Саргсян А.Е., Демченко А.Т.* Строительная механика. – М.: Высшая школа, 2000. – 287 с.
4. *Тимошенко С.П., Дж. Гере.* Механика материалов. – СПб.: Лань, 2002. – 672 с.
5. *Donald Langmead, Christine Garnaut.* Encyclopedia of architectural and engineering feats. Hardcover, Abc-Clio Inc, ISBN 157607112X (1-57607-112-X), 2001. – 388 p.

#### R e f e r e n c e s

1. Rukovodstvo po stroitel'stvu linejnykh sooruzhenij mestnykh setej svyazi. M.: OAO SSKTB-TOMASS, 2005.
2. Konsoli [elektronnyj resurs]. ZAO «Svyaz'strojdetal'». Katalog: Elektron. dan. (1 fajl), Moscow, 2014, Rezhim dostupa: <http://www.ssd.ru/catalog/tile.php?ID=4172>, svobodnyj.
3. *Sargsyan, A.E., Demchenko, A.T.* (2000). Stroitel'naya mekhanika. M.: VShk., 287 p.
4. *Timoshenko, S.P., Dzh. Gere* (2002). Mekhanika materialov. SPb.: Lan', 672 p.
5. *Langmead Donald, Garnaut Christine* (2001). Encyclopedia of Architectural and Engineering Feats. Abc-Clio Inc, ISBN 157607112X (1-57607-112-X), 388 p.

### EXPERIMENTAL RESEARCH OF STRESS STATE OF THE CONSOLE CABLE HOLDER

A.A. Frolov, E.Yu. Verkhov, Yu.A. Morozov  
*Moscow state machine-building university (MAMI), Moscow*

Possibility of decrease in mass of the console holder of cables is considered. The experiments made for this purpose on change of a form and the sizes of a stiffening rib allowed finding the ways of possible change of a design allowing reducing significantly a material capacity of a detail without changing its strength parameters at preservation of a maximum permissible load on the holder of cables.

KEY WORDS: holder of cables, console, cast iron, tests for destruction.



Рис. 7. Вид разрушения консоли в подпятнике