

Силовой анализ валов валковой пары отжимной секции
шлихтовальной машины.

Подъячев А.В., Куревенкова Н.С.

(Костромской государственный технологический университет)

В статье приводятся результаты расчетов валов на прочность и жесткость. Определяются критические режимы работы механизма.

Вал, валковая пара, шлихтовальная машина, отжим, удельные нагрузки.

Технология усиленного отжима на шлихтовальных машинах с рабочей шириной 1400 мм предусматривает работу при нагрузках до 10 Н/мм, что требует создания специального оборудования. Для решения поставленной задачи предлагалось использовать в двухвалковом модуле (ДВМ) валы конструктивного оформления реально выпускаемого оборудования. На месте верхнего вала предполагалось использовать вал с облегченным сердечником диаметром 265 мм или малопрогибный вал диаметром 215 мм. В качестве эластичного покрытия применялась высокомодульная фторнитритная резина толщиной 27,5 мм. На месте нижнего вала предполагалось использовать металлические валы с облегченным сердечником или малопрогибный диаметром 210 мм. Схемы перечисленных валов представлены на рис.1 и рис.2.

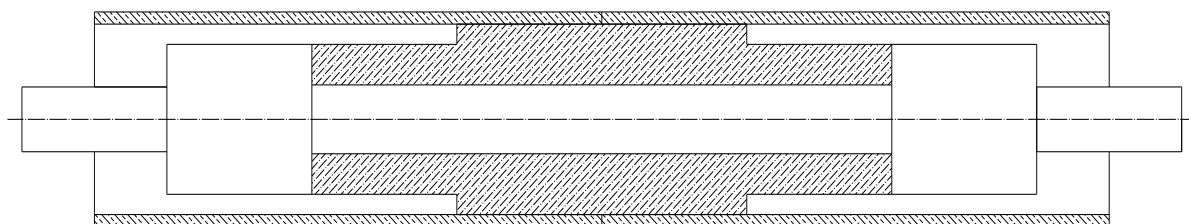


Рис.1. Вал с облегченным сердечником (Тип 1)



Рис.2. Вал малопрогибной конструкции (Тип 2)

Возможные варианты сочетания обрезиненного и металлических валов представлены в таблице 1.

По условию работы шлифовальной секции необходимо, чтобы суммарная стрела прогиба валов должна быть значительно меньше деформации эластичного покрытия, что обеспечивает качественное шлифование и качественную переработку ошлифованных основ на ткацком станке, а также минимальную неравномерность давления в жале. По результатам расчетов характера распределения нагрузки в жале валов близких по величине, предпочтение отдается конструкции ДВМ минимальной металлоемкости и стоимости изготовления.

Результаты расчетов

Таблица 1

№	Верхний вал	Нижний вал	Суммарная стрела прогиба, м 10^5
1	Тип 1 (265 мм)	Тип 1 (210 мм)	1,02
2	Тип 1 (265 мм)	Тип 2 (210 мм)	0,98
3	Тип 2 (215 мм)	Тип 1 (210 мм)	1,35
4	Тип 2 (215 мм)	Тип 2 (210 мм)	1,31

(265) - диаметр металлической основы обрезиненного вала.

Расчеты возможных схем ДВМ проводились с помощью подсистемы САПР ДВМ валковых машин текстильного отделочного оборудования. Использование данной подсистемы позволило оценить все представленные варианты ДВМ по критерию прочности, малопрогибности, минимальной

неравномерности давления в жале и металлоемкости. В результате расчета было выяснено, что все представленные конструкции ДВМ удовлетворяют условию прочности. Суммарная стрела прогиба во всех вариантах имеет значение на порядок меньше деформации эластичного покрытия. Суммарная стрела прогиба представлена в таблице 1.

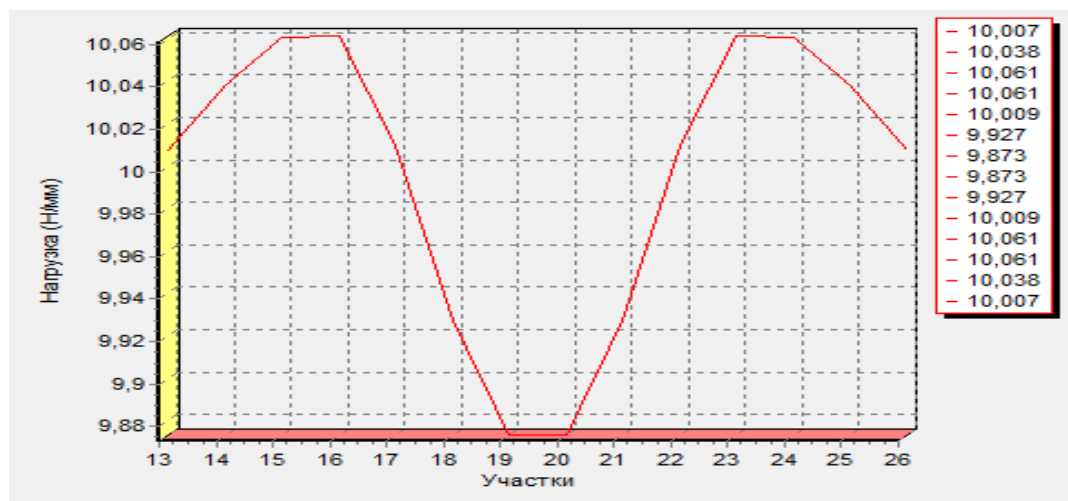


Рис. 3. Удельные нагрузки валов 2-го ДВМ

При несколько большей массе по сравнению с другими вариантами 2-й ДВМ вариант имеет минимальную стрелу прогиба.

На следующем этапе совершенствования выбранной валковой пары ставилась задача определения более рациональных конструктивных параметров с целью обеспечения минимальной неравномерности давления в жале. Рациональность конструкции оценивалась по коэффициенту ранжирования.

Отыскание рациональной конструкции ДВМ может осуществляться по нескольким критериям. Самым распространенным является суммарная стрела прогиба и неравномерность давления в жале. В качестве варьируемых параметров выступали геометрические размеры валов и эластичное покрытие одного или обоих валов. Изменяемыми размерами могут быть длины выделенных участков валов (при соблюдении базовых размеров конструкции) и диаметры валов (внутренние для парных участков и наружные для одинарных участков постоянной жесткости), на которые

весь ДВМ разбивается для проведения расчетов. Изменение длин участков происходит за счет изменения длин соседних с ним участков. Изменение диаметров участков может осуществляться как для отдельных участков, так и для симметричных участков конструкции. Варьирование параметрами эластичного покрытия вала в данном конкретном случае не предусмотрено, т.к. используется вал серийного производства.

Предварительные расчеты показали, что условие прочности выполняется на всех участках с достаточным коэффициентом запаса прочности. Именно этот фактор и невысокое усилие прижима (14000 Н) определили путь отыскания рациональной конструкции. Было предложено изменить толщины стенок рубашек валов (внутренние диаметры) и длины участков запрессовки труб на сердечник. Диапазоны варьирования переменными параметрами определялись из технологических условий изготовления валов и расчетами по определению минимальной длины запрессовки, необходимой для передачи крутящего момента.

Изменение внутренних диаметров одинарных участков в сторону увеличения приводит к изменению суммарной стрелы прогиба. Из эксперимента видно, что суммарная стрела прогиба увеличивается. Сделаем изменения в исходной схеме, рассчитаем эти схемы с помощью подсистемы САПР ДВМ валковых машин текстильного отделочного оборудования и запишем полученные результаты в таблицу 2.

Таблица 2

№	Увеличение внутреннего диаметра	Суммарная стрела прогиба, м 10^5
1	Исходная схема	0,977
2	ВВ участки №13,14,25 и 26 +5 мм.*	0,98
3	ВВ участки №13,14,25 и 26 +5 мм., НВ участки №13,14,25 и 26 +5 мм.	0,989
4	ВВ участки №13,14,15,24,25 и 26 +5 мм.	0,993
5	ВВ участки №13,14,15,24,25 и 26 +5 мм., НВ участки №13,14,15,24,25 и 26 +5 мм.	1,038

Здесь и далее:

*ВВ - Верхний вал тип 1 (265 мм), НВ - Нижний вал тип 2 (210 мм),
№13, 17 и т.д. – номера участков с изменяемыми размерами.

В расчетах длина участка принимается равной 100 мм.

Из таблицы следует, что самый лучший вариант №1, то есть исходная схема, со суммарной стрелой прогиба $0,977 \cdot 10^{-5}$ м.

Более заметные результаты по уменьшению суммарной стрелы прогиба дает изменение длины участка запрессовки. Увеличение длины этого участка приводит к росту веса конструкции и повышению неравномерности давления в жале. Сделаем изменения в исходной схеме, рассчитаем эти схемы с помощью подсистемы САПР и запишем полученные результаты в таблицу 3.

Таблица 3

№	Увеличение длины участка запрессовки	Суммарная стрела прогиба, м 10^5
1	Исходная схема	0,977
2	ВВ участки №17 и 22 +100 мм. *	1,172
3	НВ участки №17 и 22 +100 мм.	1,467
4	ВВ участки №17 и 22 +100 мм., НВ участки №17 и 22 +100 мм.	1,662

Из таблицы видно, что самый лучший вариант №1, то есть исходная схема, с суммарной стрелой прогиба $0,977 \cdot 10^{-5}$ м.

Уменьшение же длины участка запрессовки заметно снижает неравномерность давления в жале. Это происходит за счет изменения знака кривизны на концах рубашки. Таким образом, были выявлены основные пути изменения конструктивных параметров валов.

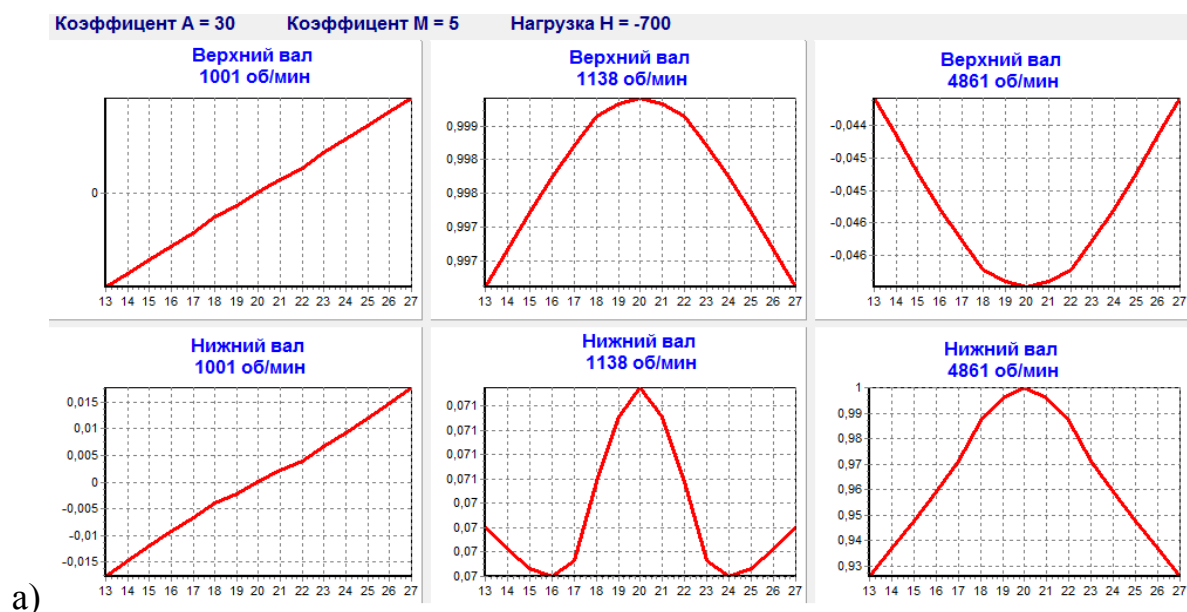
Сделаем изменения в исходной схеме, рассчитаем их с помощью подсистемы САПР и запишем полученные результаты в таблицу 4.

Таблица 4

№	Уменьшение длины участка запрессовки	Суммарная стрела прогиба, м 10^5
1	Исходная схема	0,977
2	ВВ участки №18 и 21 -10 мм., НВ участки №18 и 21 -10 мм.*	0,726
3	ВВ участки №18 и 21 -20 мм., НВ участки №18 и 21 -20 мм.	0,463

Из таблицы видно, что самый лучший вариант №3, то есть схема, с суммарной стрелой прогиба $0,463 \cdot 10^{-5}$ м.

Динамический расчет проведен для следующий условиях: верхний вал с облегченным сердечником $\varnothing 265$ мм., нижний вал малопрогибной конструкции $\varnothing 210$ мм. Суммарная нагрузка 1400 Н. Материал покрытия: высокой твердости, средней твердости и низкой твердости. ($q = A \times \Delta^m$, где А и m – параметры резины обрешиненного вала; q – удельная нагрузка в жале; Δ – сближение валов.)



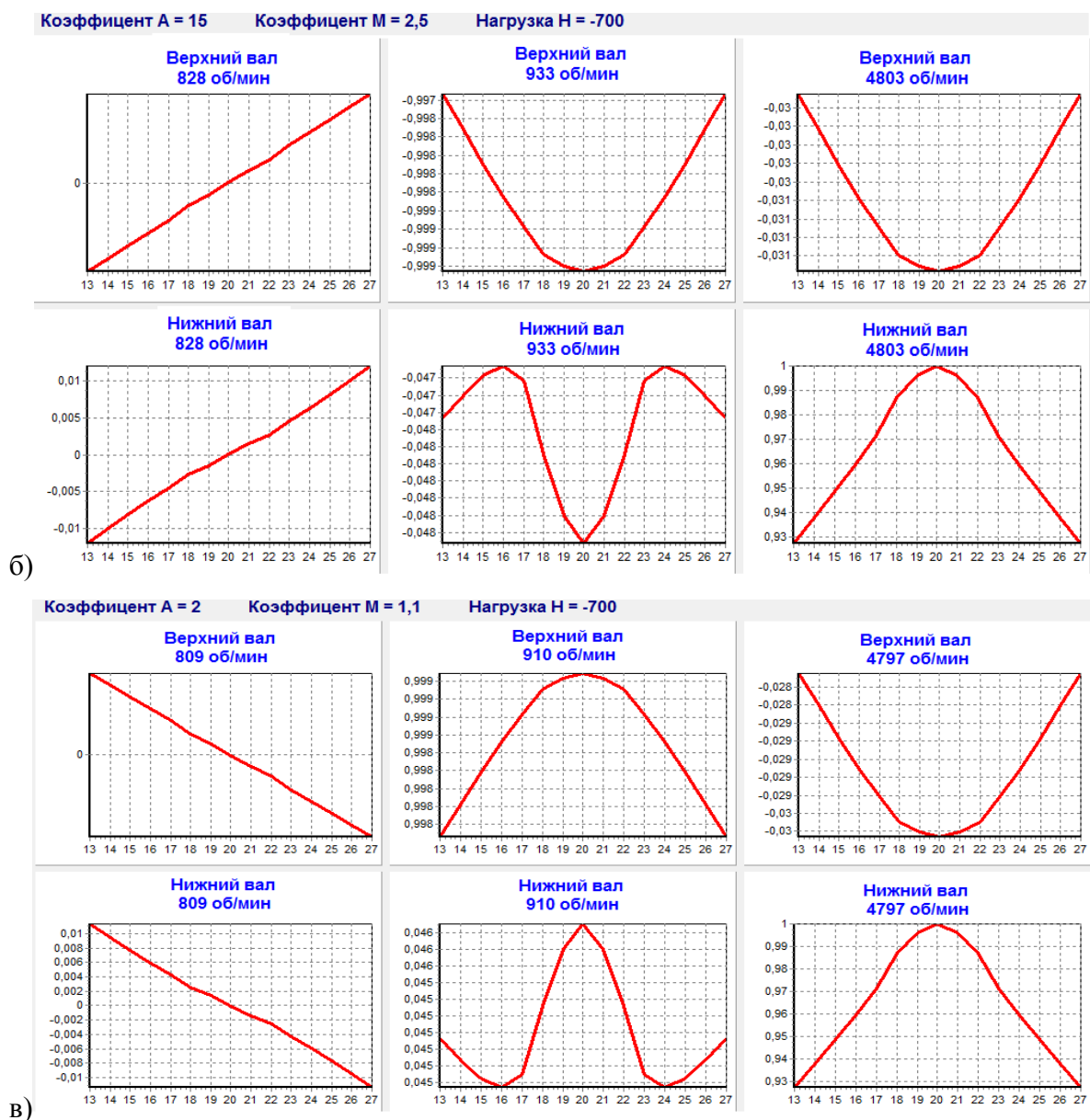


Рис. 4 Частоты и формы свободных колебаний валов ДВМ

- а) высокой твердости покрытия;
- б) средней твердости покрытия;
- в) низкой твердости покрытия.

Выводы

1. Наилучшее сочетание валов по минимальной стреле прогиба дает пара валов с диаметром 265 мм (с облегченным сердечником) на месте верхнего вала и с диаметром 210 мм (малопрогибный вал) на месте нижнего вала.

2. Наибольшее влияние на суммарную стрелу прогиба оказывает длина запрессовки рубашки на сердечник.
3. Критические частоты вращения валов находятся далеко за пределами рабочих режимов работы валов

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартышенко В.А. Алгоритмы расчета удельных нагрузок в жале валов двухвалковых механизмов / В.А. Мартышенко, А.В. Подъячев // Изв. ВУЗов «Технология текстильной промышленности». - 1988. - №3.
2. Мартышенко В.А. Подсистема автоматизированного проектирования валковых машин текстильного отделочного оборудования / В.А. Мартышенко, А.В. Подъячев // Изв. ВУЗов «Технология текстильной промышленности». - 2000. - №4.
3. Подъячев А.В. Расчет конструктивных параметров валов выпускной зоны шлихтовальной секции, работающей в технологии усиленного отжима / А.В. Подъячев, В.А. Кузнецов // Изв. ВУЗов «Технология текстильной промышленности». - 2001. - № 2.
4. Мартышенко В.А. Алгоритм расчета спектра частот и форм свободных колебаний валов двухвалкового модуля / В.А.Мартышенко, А.В. Подъячев, Р.В.Зайцев // Изв. ВУЗов «Технология текстильной промышленности». - 2007. - №4С.