

УДК 677.08.021

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ  
СКОРОСТНЫХ ВЫТЯЖНЫХ ПРИБОРОВ**

**METHODOLOGICAL ASPECTS  
OF DEVELOPMENT STRUCTURALLY-TECHNOLOGICAL SCHEMES  
OF HIGH-SPEED EXHAUST DEVICES**

*S.B. ВОЛКОВ, Н.К. ПАКУЛОВА, В.В. ВОЛКОВ, А.Б. НЕКРАШЕВИЧ  
S.V. VOLKOV, N.K. PAKULOVA, V.V. VOLKOV, A.B. NEKRASHEVICH*

**(Пензенский государственный технологический университет,  
Ивановский государственный политехнический университет)  
(Penza State Technological University,  
Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: vvv@penzgtu.ru**

*В статье рассматриваются методологические аспекты при разработке более совершенных конструктивных схем вытяжных приборов для волокнистых материалов. Показано, что исходная неопределенность задачи получения оптимального значения целевой функции может быть существенно снижена при ее решении как совокупности частных задач, заключающихся в повышении основных показателей системы в отдельности.*

*In article it is considered methodological aspects when developing more perfect constructive schemes of exhaust devices for fibrous materials. It is shown that initial uncertainty of a problem of obtaining optimum value of criterion function, can be significantly reduced at its decision as sets of the private tasks consisting in increase of the main indicators of system separately.*

**Ключевые слова:** вытяжной прибор, проектирование, оптимальность конструкции, методика проектирования.

**Keywords:** exhaust device, design, design optimality, design technique.

Одной из основных задач при проектировании технических систем является нахождение оптимальных вариантов конструкций. О степени оптимальности судят

по специальным параметрам, которые характеризуют те или иные качества изделия и являются таким образом критериями оптимальности проектируемого объекта.

Методы поиска наилучших проектных решений составляет предмет теории оптимального проектирования [1]. Проектирование начинается с определения критерия оптимальности и показателей  $H_1, H_2, \dots, H_m$ , принимаемых в качестве ограничений. Для проведения расчетов необходимо определить некоторую совокупность конструктивных параметров (независимых переменных)  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , определяющих все остальные параметры изделия. Чаще в качестве переменных применяют геометрические параметры. Критерий оптимальности, таким образом, является функцией конструктивных параметров:

$$W = W(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (1)$$

Показатели-ограничения также являются функциями этих независимых переменных:

$$\begin{aligned} H_1 &= H_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ H_2 &= H_2(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ H_m &= H_m(x_1, x_2, \dots, x_n). \end{aligned} \quad (2)$$

Как правило, функции критерия оптимальности и функции ограничений зависят нелинейно от конструктивных параметров. В общем виде задача оптимального проектирования заключается в определении значений независимых переменных  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , при которых критерий оптимальности системы  $W = W(x_1, x_2, \dots, x_n)$  имеет наибольшее (наименьшее) возможное значение при условии, что переменные  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – положительны и выполняются ограничения, для некоторых функций этих переменных типа:

$$H_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq 0.$$

Задача оптимального проектирования существенно упрощается, когда имеется характеристика, очевидно определяющая качество изделия (например, КПД или удельный расход топлива двигателя). На практике, однако, чаще приходится иметь

дело с объектами, качество которых оценивается целым рядом технических и экономических характеристик. В этом случае необходимо улучшить сразу несколько показателей.

Разработка вытяжного прибора (ВП) также связана с решением указанного типа задач, то есть его проектирование является задачей многокритериальной оптимизации. При этом необходимо улучшить ряд технико-экономических параметров  $\tau_1(x), \tau_2(x), \dots, \tau_n(x)$ , а комплексный критерий оптимальности является функцией  $Q = Q(\tau_1(x), \tau_2(x), \dots, \tau_n(x))$ , максимальное (минимальное) значение которой соответствует оптимальному решению.

В данной статье преследовалась цель определения основных путей повышения эффективности ВП на основе его более общего анализа как механико-технологической системы. Поэтому и критерий оценки (в том числе и критерий оптимальности) должен обладать свойством широкой применимости для устройств различного типа.

$P(t)$  – надежность,  $T_k$  – качество вытягивания и  $C$  – стоимостные показатели являются главными для ВП любого типа и различаются лишь по степени важности. Для общего анализа конструкции представляется достаточно правомерным использование критерия оптимальности, основанного, например, на аддитивном учете указанных параметров, играющих роль частных критериев [2]. При этом общий критерий может быть представлен с помощью линейной комбинации:

$$Q(x) = \sum_{i=1}^k a_i \tau_i(x), \quad (3)$$

где  $a_i$  – весовые коэффициенты, определяемые на основе экспертных оценок.

С учетом вышесказанного критерий оптимальности ВП можно представить в виде:

$$Q = a_1 P(t) + a_2 T_k + a_3 C. \quad (4)$$

Для случая скоростного ВП ленточной машины можно принять, что  $P(t)$ ,  $T_k$  и  $C$  – равнозначны как составляющие общего кри-

терия. Тогда весовые коэффициенты  $a_1 = a_2 = a_3 = 1$ . Таким образом, конструкция, которой соответствует наилучший показатель  $Q$ , будет считаться оптимальной. Наиболее приемлемым в практике проектирования можно считать путь, когда в качестве основного критерия оптимальности выбираются один или два из параметров в выражении (4), а остальные принимаются в качестве ограничений. По тому, сколько параметров входит при этом в основной критерий оптимальности, можно выделить

частный и общий (системный) подход к проектированию вытяжных приборов. В настоящей статье рассмотрены только некоторые аспекты частного подхода. Данный подход заключается в устранении слабых мест конструкции. Слабыми (в плане надежности) элементами ВП являются эластичные покрытия валиков, опоры валиков и цилиндров, привод.

Блок-схема частного подхода при проектировании вытяжного прибора представлена на рис. 1.

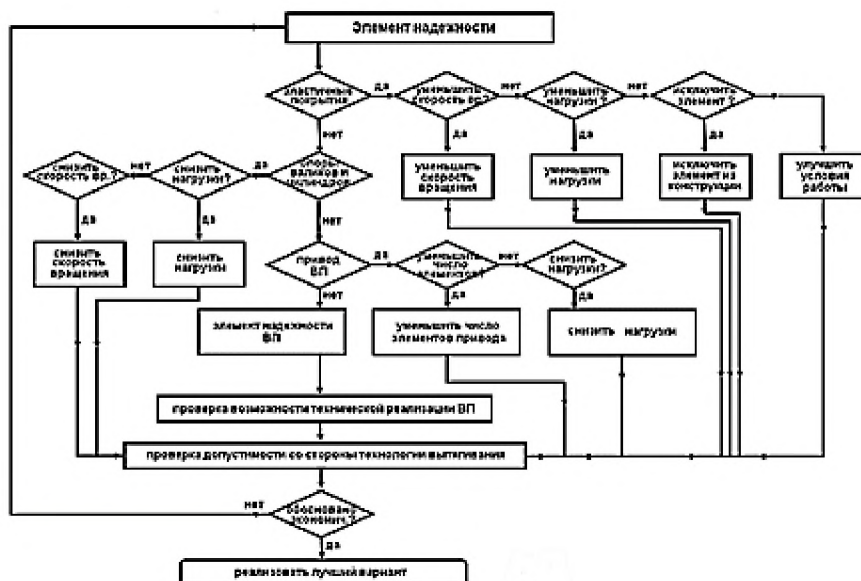


Рис. 1

Низкая долговечность эластичных покрытий является результатом высокочастотной деформации и трения о волокнистый продукт и приводной цилиндр. При классическом способе вытягивания при неизменных исходных параметрах ни скорость вращения, ни нагрузки на валики не могут быть существенно снижены. В соответствии с блок-схемой частного подхода необходимо или исключить данный недолговечный элемент, или изменить условия его функционирования. Вероятно, этого можно добиться путем изменения способа зажима продукта в парах.

Схема устройства валика дифференцированного зажима продукта представлена на рис. 2. Предлагаемый валик позволяет осуществить дифференцированный зажим продукта (каждой ленты в отдельности).

При этом исключается протаскивание волокон тонких участков продукта, так как зажимные элементы работают как бы в "следящем" режиме.

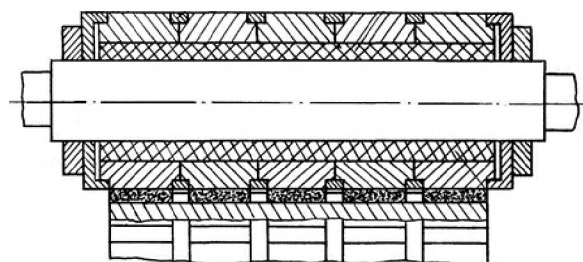


Рис. 2

Кроме того, устраняется возможность повреждения волокон в зажиме между зубьями при резком повышении давления (на утолщениях) вследствие подвижной



установки зажимных элементов на упругом основании. При этом надежность устройства достаточно высока вследствие изоляции упругого материала от непосредственного контакта с продуктом, чем предотвращается его износ от трения.

Другим недолговечным элементом ВП являются опоры валиков и цилиндров. Низкая их долговечность обусловлена схемой нагружения вытяжной пары, при которой нагрузки передаются через опоры. Значения нагрузок определяются в основном технологическими факторами (толщина и вид продукта, вытяжка и др.). Из этого следует, что необходимо изменить способ нагружения вытяжной пары. При этом следует учитывать, что приложение внешней нагрузки к неподвижной системе обуславливает возникновение соответствующих реакций в ее элементах. Поэтому более рациональным будет случай, когда необходимое усилие создается внутри самой системы. Вероятнее всего, этого можно достичь немеханическим путем.

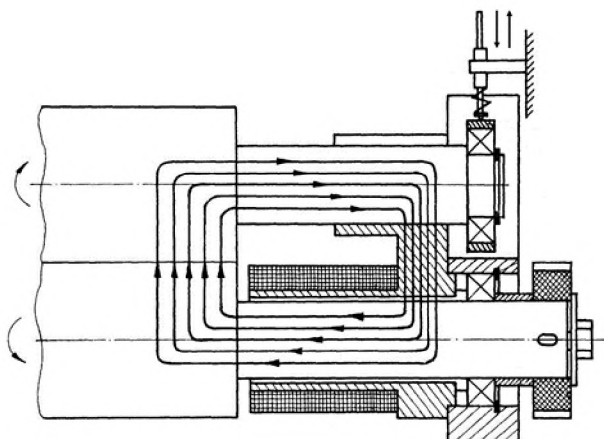


Рис. 3

На рис. 3 представлена электромагнитная система нагрузки вытяжного прибора. Электромагнитный способ нагружения позволяет разгрузить подшипники (опоры цилиндров воспринимают только вес валиков), что существенно повышает их долговечность и тем самым надежность вытяжного прибора.

Весьма существенное влияние на надежность ВП оказывает привод. Недостаточная надежность привода определяется

значительными динамическими нагрузками в его элементах. В ВП осуществляется поступательное перемещение продукта с нарастающей скоростью, то есть данная функция является по существу элементарной, ей должна соответствовать простая техническая реализация. Для достижения указанного соответствия необходимо найти и устранить определенные ограничения, препятствующие этому. В данном случае задача сводится к тому, как привести во вращение несколько цилиндров меньшим числом элементов привода (зубчатых колес). Значительное число промежуточных передач вызвано необходимостью вращения цилиндров в одном направлении. Это и является главным ограничением, которое надо устранить. Если расположить цилиндры не по одной, а по обе стороны от линии движения продукта, тогда один цилиндр может вращаться в противоположную сторону. При этом получаем простую последовательную зубчатую передачу из трех зубчатых колес.

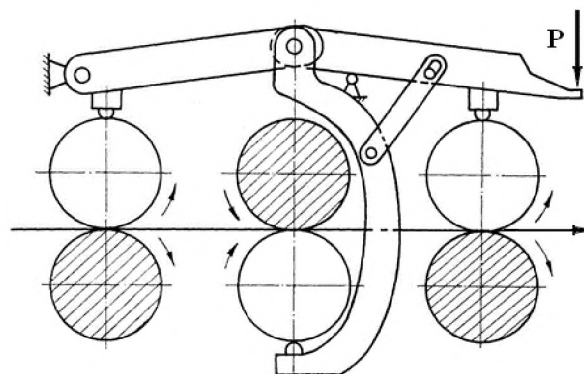


Рис. 4

На рис. 4 представлена схема вытяжного прибора с двусторонним расположением приводных цилиндров, у которого средний валик и цилиндр находятся соответственно снизу и сверху от линии движения продукта. В результате получается значительно более простой привод (вместо 15...20 зубчатых колес всего 3...4), что существенно повышает надежность ВП.

После установления возможности технической реализации необходимо, согласно схеме на рис. 1, проверить пригодность того или иного решения в плане осу-

ществления технологического процесса и далее, экономическую целесообразность. Таким образом, применение данного методологического приема в виде удобной для работы конструктора блок-схемы придает задаче совершенствования ВП достаточную целевую определенность и техническую конкретность.

## ВЫВОДЫ

1. Все найденные выше конструктивно-технологические схемы ВП не противоречат требованиям технологического процесса, их надежность существенно увеличилась при одновременном упрощении конструкции.

2. Рассмотренный подход, заключающийся в решении лишь частных задач, имеет известные ограничения своей эффективности. Однако она оказывается все же достаточно высокой и потому полезной в

практике проектирования любых механико-технологических устройств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Джонс Дж. К.* Методы проектирования. – М.: Мир, 1986.

2. *Волков С.В., Волков В.В., Пакулова Н.К.* Вопросы надежности при системном проектировании скоростных вытяжных приборов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 5. С. 67...70.

## REFERENCES

1. *Dzhons Dzh. K.* Metody proektirovanija. – M.: Mir, 1986.

2. *Volkov S.V., Volkov V.V., Pakulova N.K.* Voprosy nadezhnosti pri sistemnom proektirovanii skorostnyh vytjazhnyh priborov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2005, № 5. S.67...70.

Рекомендована кафедрой физики Пензенского гос. технолог. ун-та. Поступила 10.04.17.