

УДК 677.05

**ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ ПРИ СИСТЕМНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ
СКОРОСТНЫХ ВЫТЯЖНЫХ ПРИБОРОВ***В.В. ВОЛКОВ, С.В. ВОЛКОВ, Н.К. ПАКУЛОВА*

(Пензенская государственная технологическая академия)

Надежность является одной из важнейших характеристик любой технической системы, в значительной мере определяющей общую эффективность ее применения. В то же время, являясь комплексным свойством, надежность в значительной мере отражает и общую степень конструктивного совершенства технической системы.

Последнее обстоятельство не учитывается в должной мере при обеспечении начальной надежности в процессе создания даже нового поколения технологического оборудования, для которого характерен более высокий уровень динамических нагрузок из-за резкого увеличения рабочих скоростей. Возросшие требования к надежности скоростных вытяжных приборов (ВП) пытаются обеспечить, главным образом, традиционными мерами, направленными лишь на компенсацию негативного влияния повышенных динамических нагрузок, что недостаточно эффективно, несмотря на резкое увеличение затрат.

Системный подход при обеспечении начальной надежности ВП предусматривает учет особенностей его функционирования как механико-технологической системы, то есть взаимосвязь его элементов, а также влияния процесса вытягивания на надежность. Только при соблюдении указанных условий возможен наиболее эффективный способ повышения начальной надежности посредством снижения удельных нагрузок в элементах конструкции ВП.

Факторы, определяющие надежность

ВП, можно свести в три основные группы: конструктивные, производственные, эксплуатационные.

На этапе проектирования наибольший интерес представляют конструктивные факторы, а именно:

- наличие элементов, работающих в неоптимальном режиме (эластичные покрытия, подшипники валов и цилиндров, элементы привода);

- явно недостаточная долговечность отдельных элементов (эластичные покрытия, пружины систем нагружения);

- недостаточная стандартизация и унификация элементов ВП, что приводит к снижению эксплуатационной надежности из-за усложнения обслуживания;

- нерациональная конструктивно-технологическая схема ВП, определяемая способом осуществления процесса вытягивания, сопровождающегося значительными усилиями вытягивания и зажима продукта в вытяжных парах.

Во избежание чрезмерного завышения уровня начальной надежности, что связано с себестоимостью изделия, необходимо обеспечить ее определенное соотношение с эксплуатационной надежностью, компенсирующей снижение начальной надежности при эксплуатации.

Основной задачей проектирования ВП является синтез оптимальной структуры, которая определяет особенности и параметры функционирования устройства, в том числе и надежность. Важнейшим моментом при этом является обеспечение со-

ответствия структуры проектируемой системы ее функциональному назначению, то есть совокупности выполняемых функций, что можно считать показателем уровня проектирования [1].

Другим принципиально значимым вопросом при обеспечении начальной надежности является учет функции качества вырабатываемого продукта, так как нас интересует функционирование ВП не только как механизма, а получение продукта определенных параметров. Выход параметров продукта за допустимые пределы должен рассматриваться как отказ ВП. При этом следует учитывать, что выход параметров продукта за пределы допуска может быть вызван не только изменениями состояния ВП, но и внешними условиями, то есть параметрами входящего продукта.

Тогда состояние ВП описывается функцией:

$$P_{\Sigma} = f\{C(t), t\},$$

где $C(t)$ – функция изменения параметров продукта во времени.

Влияние внешних условий “автоматически” учитывается состоянием системы. При этом считается, что мгновенное изменение параметров входящего продукта не вызывает катастрофических отказов (из-за блокировок), что позволяет учитывать не мгновенное, а интегральное значение параметров входящего продукта, то есть условия функционирования ВП в известной степени являются стационарными и поэтому при определении надежности вытяжного устройства в первую очередь необходимо учитывать их структуру и ее влияние на надежность.

В связи с этим первоначально необходимо квалифицировать ВП как систему надежности. Нетрудно понять, что ВП наиболее соответствует последовательным системам с накоплением нарушений. Однако следует учитывать, что в вытяжном устройстве продукт подвергается последовательному воздействию по мере прохождения через рабочую зону.

Результат данного воздействия на каж-

дом этапе должен быть достаточно строго определен технологически. Поскольку выход параметров продукта в результате нарушений в самом ВП должен рассматриваться как отказ, то эта особенность функционирования вытяжного устройства позволяет квалифицировать его как последовательную систему без накопления нарушений (более детальное обоснование данного вывода намеренно опускаем).

В таком случае надежность ВП в общем виде равна:

$$P(t) = \prod_{i=1}^k P_i(t), \quad (1)$$

где $P_i(t)$ – надежность i -го элемента.

Интенсивность отказов систем без избыточности равна сумме интенсивностей отказов, входящих элементов:

$$\Lambda(t) = \sum_{i=1}^k \lambda_i(t). \quad (2)$$

При учете только внезапных отказов надежность элементов в общем виде:

$$P_i(t) = e^{-\int_0^t \lambda_i(x) dx}. \quad (3)$$

Тогда из (1) получаем для надежности:

$$P_i(t) = e^{-\sum_{i=1}^k \int_0^t \lambda_i(x) dx}. \quad (4)$$

Для ВП можно считать поток внезапных отказов простейшим, то есть стационарным и не обладающим последствием. Тогда имеем упрощенное выражение:

$$P_i(t) = e^{-\lambda_i t} \quad (5)$$

и для системы

$$P(t) = e^{-t \sum_{i=1}^k \lambda_i}. \quad (6)$$

С учетом (2) получаем

$$P(t) = e^{-\Lambda t} \quad (7)$$

С учетом износных отказов надежность элемента равна:

$$P_i(t) = P_i^b(t)P_i^u(t) \quad (8)$$

Из (1) вытекает, что

$$P(t) = \prod_{i=1}^k P_i(t) = \prod_{i=1}^k P_i^b(t)P_i^u(t) \quad (9)$$

Так как из (5) для внезапных отказов имеем

$$P_i^b(t) = e^{-\lambda_i t} \quad (10)$$

то уравнение (9) преобразуется к виду

$$P(t) = e^{-\Lambda t} \prod_{i=1}^k P_i^b(t) \quad (11)$$

Для износных отказов

$$P_i^u(t) = e^{-\int_0^t \lambda_i'(x) dx} \quad (12)$$

Тогда надежность вытяжного прибора как системы без избыточности с учетом обоих видов отказов:

$$P(t) = e^{-\Lambda t - \sum_{i=1}^k \int_0^t \lambda_i'(x) dx} \quad (13)$$

Из сказанного выше непосредственно вытекают два существенных для проектирования вывода. Во-первых, для повышения начальной надежности ВП необходимо максимальное упрощение его структуры (последовательная система). Во-вторых, равнозначным способом повышения надежности является снижение технологических нагрузок, так как ВП – система без накопления нарушений именно из-за влияния технологического процесса вытягивания.

При этом особенности технологического процесса, реализуемого в ВП, зависят от его конструкции и в то же время влияют на все основные параметры вытяжного устройства.

Наглядно указанные взаимосвязи с помощью схемы представлены на рис. 1.



Рис. 1

Такая комплексность учета основных факторов, определяющих качество вытяж-

ного устройства, позволила сформулировать два подхода к его проектированию:

частный и общий. При частном подходе целью проектирования является достижение максимальной надежности ВП при технологических и стоимостных ограничениях. Общий подход основан на синтезе оптимального технологического процесса, изначально определяющего рациональную конструктивно-технологическую схему вытяжного прибора. На основе указанных параметров создан ряд вытяжных уст-

ройств с повышенными технико-эксплуатационными параметрами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уайлд Д. Оптимальное проектирование. - М.: Мир, 1981.

Рекомендована кафедрой теоретической и прикладной механики. Поступила 17.02.05.
