

контактным напряжениям является основным для определения габаритов передачи, расчёт на выносливость по напряжениям изгиба – для определения модуля передачи.

Последовательность выполнения основных этапов расчёта изложена в виде схем алгоритмов расчёта, которыми можно пользоваться и при «ручном» расчёте.

Студенты выполняют расчёты на ЭВМ в диалоговом режиме. Часто студенты тратят на расчёты длительное время, вводя неправильные параметры и коэффициенты. Это создает большие очереди, поскольку на кафедре обучаются студенты многих факультетов. Результаты расчётов выводятся только на матричные принтеры.

Старые программы по расчёту на прочность зубчатых передач не позволяют совершенствовать проектировочные и проверочные расчёты редукторов.

В настоящее время в среде C++ разработана программа расчёта зубчатых прямо-

зубых передач на прочность. Входя в программу пользователь выбирает тип передач (цилиндрическая, коническая или планетарная). Программа рассчитывает цилиндрическую передачу внешнего и внутреннего зацеплений.

Новая программа расчёта зубчатых передач более удобна, наглядна и позволяет достаточно быстро просчитать несколько вариантов и найти оптимальный. В ней исключается возможность ввода неправильных коэффициентов при выполнении расчётов. Задача пользователя тщательно разобраться с подготовкой исходных данных, а программа расчёта выберет приемлемый результат. Для наглядности выполненных расчётов на экран выводится кинематическая схема рассчитываемой передачи.

Программа расчёта на прочность зубчатых передач отлажена и тщательно протестирована.

УДК 629.7.036

## ГРАДУИРОВОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ПОДСИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛЫ ТЯГИ

Ветров П.А., Григорьев В.А., Леденев А.И.

Самарский государственный аэрокосмический университет

### CALIBRATION DEVICE OF A SUBSYSTEM OF MEASUREMENT OF THRUST

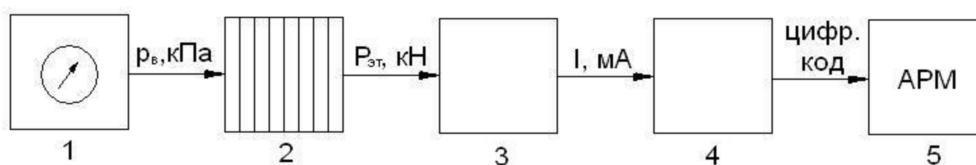
*Vetrov P.A., Grigoriev V.A., Ledenev A.I. The force measurement at aviation tests of gas turbine engines is important part of this hard process. This measurement is necessary for thrust and turning moment determination. Traditionally arm devices and systems of reference weights are used for calibration of measuring channels. But traditional solutions can't be realized in all cases. One of decisions of this problem is presented in this article.*

Измерение усилий при испытаниях авиационных ГТД является важной частью этого сложного процесса. Такие измерения необходимы для определения тяги двигателя или крутящего момента, необходимого для косвенного измерения мощности [1]. Традиционно для градуировки измерительных каналов, измеряющих силы, используют рычажные устройства и системы эталонных грузов [2]. Однако в ряде случаев традиционные решения реализовать не удастся (малораз-

мерные двигатели, особенности испытательных станков и боксов и т.п.).

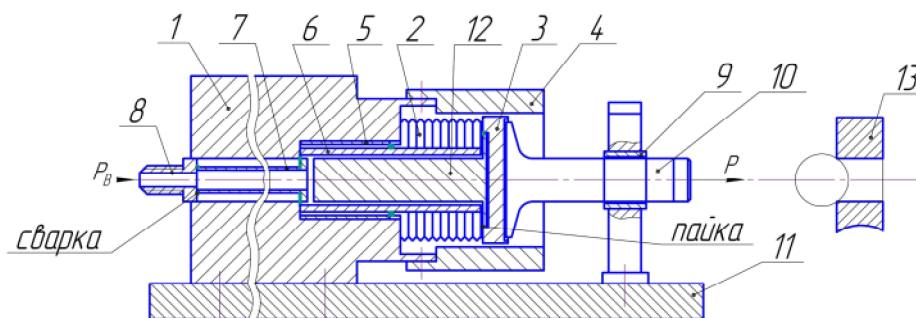
Один из вариантов решения такой проблемы представлен в данной работе. На рис. 1 показана принципиальная схема градуировочного устройства, используемого в системе измерения силы тяги двигателя в диапазоне 0...0,7 кН и усилия от крутящего момента 0...0,3 кН.

Эталонное усилие вырабатывается калибратором усилий (рис.2).



1- автоматический задатчик давления (АЗД); 2- калибратор усилий; 3- тензорезисторный силоизмерительный датчик; 4- модуль устройства связи с объектом; 5- АРМ оператора.

Рис.1. Схема градуировочного устройства



1 - корпус устройства; 2 - сифон; 3 - упорная тарелка; 4 - фторопластовая направляющая втулка; 5, 6 - направляющие втулки; 7 - трубка подвода воздуха; 8 - штуцер подвода воздуха от задатчика давления; 9 - направляющая втулка толкателя; 10 - толкатель; 11 - основание; 12 - внутренний направляющий элемент сифона; 13 - датчик усилия.

Рис.2. Калибратор усилий

Его основным элементом является сифон 2. При подаче воздуха сифон изменяет свой объем. Определив площадь сечения сифона и зная подводимое давление, можно определить усилие, возникающее при линейном расширении. Конструкция калибратора выполнена таким образом, чтобы устранить влияние трения на качество его работы и уменьшить возможные погрешности. Поверхность толкателя полируется, зазор между направляющей втулкой 9 и толкателем 10 оставляет сотые доли миллиметра. Направляющая втулка 4 выполнена из фторопласта, упорная тарелка 3 – из дюралюминия. Чтобы исключить перекося сифона, заглушка с одной стороны выполнена, как деталь с внутренним направляющим элементом (12), на который надевается направляющая втулка 6, которая припаивается с другой стороны сифона, обеспечивая герметичность и жесткость системы. Этой же цели служит втулка 5. Воздух в сифон подается через штуцер 8. Перемещение толкателя 10 определяется степенью упругой деформации датчика усилия 13. Для центровки приложения усилия на датчик используется стальной шарик диаметром 10 мм.

Процесс градуировки осуществляется в 2 этапа. Вначале с помощью высокоточного силоизмерительного датчика ( $\delta = \pm 0,025\%$ )

определяется эффективная площадь сифона  $F_{сифон}$ , а затем при серийных градуировках, используя это значение и значения давления, задаваемые АЗД ( $\delta = \pm 0,075\%$ ) получают эталонные усилия, которые фиксируются штатным силоизмерительным датчиком ( $\delta = \pm 0,25\%$ ), полученные сигналы преобразуются в цифровые коды и обрабатываются АРМ для получения градуировочной зависимости  $I = f(P_{эт})$  и её графического изображения [3]. Рассмотренное устройство, обеспечивая необходимую точность градуировки, имеет весьма скромные габаритные размеры и не требует значительных работ при обслуживании.

### Библиографический список

1. Ильянков, А.И. Технология испытаний ВРД / А.И. Ильянков // М.: МАИ, 1984. -81с.
2. Григорьев, В.А. Испытания авиационных двигателей / Под общ. ред. В.А. Григорьева и А.С. Гишварова // - М.: Машиностроение, 2009 — 504 с.
3. Григорьев, В.А. Измерительно-вычислительный комплекс для автоматизации учебно-исследовательских испытаний и диагностики ТРДД / В.А. Григорьев, А.В. Лапшин, В.А. Киреев // Вестник двигателестроения. - 2008. - № 3. - с. 190...194.