– коммерческой реализации НИОКР;
– направленность НИОКР (фундаментальная или прикладная);
– объём финансирования;
– структура источников финансирования;
– характер реализации результатов по степени их законченности;
– степень совершенствования технологий, ставших результатом НИОКР.

О ПРОБЛЕМЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТУРБУЛИЗАТОРОВ ПОТОКА В ЛОПАТОЧНОЙ МАШИНЕ

Бобков А.В., Цветков Е.О.

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, Комсомольск-на-Амуре, e-mail: bobkov822@yandex.ru

Искусственная мелкомасштабная турбулизация набегающего потока в канале может локализовать уже существующий отрыв или наоборот его организовать, в любом случае существенно трансформируя поле скоростей потока. Проблема в том, что любое турбулизирующее устройство можно классифицировать как местное сопротивление, снижающее кпд машины. Возникает закономерный вопрос: можно ли после этого рассматривать турбулизацию, как приемлемый и эффективный способ гидродинамического управления потоком, в частности, в лопаточных машинах? Ответ: можно. И для этого есть 2 основные причины. Первая. Традиционным резервом совершенствования конструкций лопаточных машин является оптимизация геометрии проточной полости и, в частности, лопаток рабочих органов. Переход к проектированию в 3D формате означает, что этот резерв близок к исчерпанию. Вторая причина. Дальнейшее повышение энергетической эффективности лопаточных машин возможно на основе таких приёмов, которые потребуют использование детализированной многофакторной модели рабочего процесса, рассматривающей баланс разнонаправленных последствий воздействия на поток. При таком подходе появление дополнительного гидравлического сопротивления в рамках совершенствования конструкции не является основанием для отрицательного заключения. Важен итоговый энергетический баланс или характер изменения других эксплуатационных характеристик, например, уровень акустической нагрузки на окружающую среду от работающей машины. Иллюстрацией такого подхода является пример турбулизации потока в «отрывных» диффузорах. Здесь турбулизатор в виде сетки, установленный на пути потока, несмотря на своё гидравлическое сопротивление, обеспечил снижение итогового гидравлического сопротивления диффузора [1].

Турбулизация – не единственный способ управления структурой потока. Но преимуществом такого управления потоком является конструктивная простота устройств турбулизации и возможность существенной трансформации профиля скоростей потока на ограниченном по длине участке канала [2].

Список литературы

1. Бобков А.В. Оценка влияния фронтального турбулизатора на гидравлическое сопротивление диффузора // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3. – URL: http://www.science-education.ru/103-6337 (дата обращения: 29.05.2012).

2. Бобков А.В. Проблемы пространственной турбулизации потока в рабочих колёсах лопаточных машин // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. – 2011. – Т. 2, № 3. – С. 36–37.

МОМЕНТ ИНЕРЦИИ ТОРА ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

Ершов В.И.

Москва, e-mail: mathsopr@mail.ru

Расширяется сфера применения задач геометрии масс для сложных тел вращения на основе бесконечно тонкого цилиндра. Сама по себе идея о бесконечно-малой массе такого типа хорошо известна и в теоретической механике [1], и в сопротивлении материалов, но не находит широкого применения.

Выделим бесконечно тонкий цилиндр радиусом r, вписанный в тор эллиптического поперечного сечения. Плотность материала тора равна ρ. Поверхность тора описывается цилиндрическими координатами z, r, θ. В правой системе декартовых координат каноническое уравнение эллипса с полуосями a, b имеет вид:

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1.$$

Расстояние между осями z и y равно e. Цилиндрические координаты z, r связаны с декартовыми координатами x, y:

$$r=e+x;\ z=y=\frac{b}{a}\sqrt{a^2-x^2}. \qquad (1)$$

Ось x, вращаясь вместе с эллипсом относительно оси z, лежит на оси r. Следует обратить внимание на то, что оси x и r несовместимы, поскольку ось r не охватывает отрицательные значения. Это означает, что такая математическая модель внутренне противоречива и не позволит решить задачу. Корректной будет ситуация когда при конструировании подинтегральной функции используемые оси обе отвечают только положительным значениям переменной (классическое требование теории упругости). Следует тор разбить на две части цилиндрической поверхностью, образующей которой является ось y, и решать две независимые задачи, для которых подинтегральные функции будут разными:

1. Внешняя часть тора при $r \geq e$; система координат x, y располагается в плоскости при $\theta = 0$.

2. Внутренняя часть тора при $r \leq e$; система координат x, y располагается в плоскости при $\theta = \pi$. Начало интегрирования определяется точкой сечения на оси r, расположенной ближе к оси z.

Часть 1 ($r = e + x$). Высота вписанного бесконечно-тонкого цилиндра:

$$l = 2y = 2\frac{b}{a}\sqrt{a^2 - r^2}. \quad (2)$$

Элементарная масса для цилиндра:

$$dm = \rho 4\pi r \cdot \left[\frac{b}{a}\sqrt{a^2 - x^2}\right]dx. \quad (3)$$

Осевой момент инерции тора эллиптического сечения:

$$I_Z(r \geq e) = \int_0^a \rho 4\pi r^3 \cdot \left[\frac{b}{a}\sqrt{a^2 - x^2}\right]dx = \rho 4\pi \frac{b}{a}\int_0^a (e+x)^3\sqrt{a^2 - x^2}\,dx. \quad (4)$$

Раскрывая скобки, получим четыре табличных интеграла. Имеем после интегрирования:

$$I_Z(r \geq e) = \rho 4\pi \frac{b}{a}\left\{e^3\left[x\sqrt{X} + a^2 \arcsin\frac{x}{a}\right] + (3e^2)\left(-\frac{\sqrt{X^3}}{3}\right) + \right.$$

$$\left. +3e\left[-\left(\frac{x\sqrt{X^3}}{4}\right) + \frac{a^2}{8}\cdot\left(x\sqrt{X} + a^2\arcsin\frac{x}{a}\right)\right] + \left(\frac{\sqrt{X^5}}{5}\right) - a^2\left(\frac{\sqrt{X^3}}{3}\right)\right\}\cdot I_0^a = \quad (5)$$

$$= \pi\rho\frac{a}{b}\cdot\left(\pi a^2 e^3 + 4a^3 e^2 + 6\pi a^4 \frac{e}{815} + \frac{8a^5}{}\right).$$

Часть 2. ($r = e - x$). ($dr = -dx$)

В изложенных выше операциях вместо куба суммы будет куб разности, что приведет к смене знака для второго и четвертого интеграла. Пределы интегрирования соответственно a и 0.

$$I_Z(r \leq e) = 4\pi\rho\frac{a}{b}\int_a^0 (e-x)^3\sqrt{a^2 - x^2}\,(-dx);$$

$$I_Z(r \leq e) = \pi\rho\frac{a}{b}\left(\pi a^2 e^3 - 4a^3 e^2 + 6\pi a^4\frac{e}{8} - \frac{8a^5}{15}\right). \quad (6)$$

Суммируя полученные результаты (6) и (5), получим в общем виде:

$$I_Z = I_Z(r \geq e) + I_Z(r \leq e) = \rho 4\pi\frac{b}{a}\int_0^a (e+x)^3\sqrt{a^2 - x^2}\,dx = 4\pi\rho\frac{a}{b}\int_0^a (e-x)^3\sqrt{a^2 - x^2}\,(dx);$$

$$I_Z = \rho 4\pi\frac{b}{a}\int_0^a (e+x)^3\sqrt{a^2 - x^2}\,dx = 4\pi\rho\frac{a}{b}\int_0^a (e-x)^3\sqrt{a^2 - x^2}\,(dx).$$

Интеграл задачи:

$$I_Z = \rho 4\pi\frac{b}{a}\int_0^a \left(2e^3 + 6ex^2\right)\sqrt{a^2 - x^2}\,dx.$$

После интегрирования имеем окончательно решение задачи:

$$I_Z = 2\pi^2 e\,a\,b\,\rho\,(e^2 + 3a^2/4). \quad (7)$$

В последнем выражении перед скобками стоит масса тора эллиптического сечения.

Проверим полученные результаты на примере тора круглого поперечного сечения.

Запишем параметры бесконечно-тонкого цилиндра в полярных координатах для $r \geq e$:

$$y = (l/2) = R\sin\alpha; \quad r = R\cos\alpha;$$

$$dr = -R\sin\alpha\,d\alpha.$$

Бесконечно малая масса для цилиндра:

$$dm = \rho 4\pi\,(e + R\cos\alpha)\,R\sin\alpha\,(-R\sin\alpha\,d\alpha).$$

Осевой момент инерции для тора круглого сечения:

$$I_Z(r \geq e) = \rho 4\pi R^2\int_{\pi/2}^0 \cdot\left[-\left(e^3\sin^2\alpha + 3e^2 R\sin^2\alpha\cdot\cos\alpha + 3eR^2\sin^2\alpha\cdot\cos^2\alpha + R^3\cos^3\alpha\cdot\sin^3\alpha\right)\right]d\alpha.$$

Аналогичный интеграл имеем для второй части.

Момент инерции тора круглого сечения

$$I_Z(r \leq e) = 2\pi^2 eR^2\,\rho\,(e^3 + 3R^2/4).$$

Полученное выражение совпадает с выражением (7), если $a = b = R$.

Предложенное расширение задач геометрии масс полезно в педагогическом и техническом плане. Оно открыта для обсуждения и развития.

Список литературы

1. Курс теоретической механики: учебник для вузов / В.И. Дронг, В.В. Дубинин, М.М. Ильин и др.; под общ. ред. К.С. Колесникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – С. 310–315.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Космынин А.В., Чернобай С.П., Саблина Н.С., Космынин А.А.

ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», Комсомольск-на-Амуре, e-mail: avkosm@knastu.ru

Одной из важных проблем современного машиностроения является достижение высокой точности, жесткости, виброустойчивости и параметрической надежности металлорежущих станков. Одним из наиболее ответственных узлов станка является его шпиндельный узел (ШУ), постоянно участвующий в движении формообразования, подвергаясь всегда эксплуатационным нагрузкам.

Уже на стадии проектировочных расчетов требуется создание таких узлов и элементов металлорежущих станков, которые бы в течение всего эксплуатационного периода обеспечивали заданную точность обработки. Исследования [1–4, 9] по оценке влияния различных факторов на точность обработки говорят, что ее до 80 % определяет шпиндельный узел (ШУ). Поскольку движение формообразования осуществляется шпинделем и шпиндельными подшипниками, то именно они вносят решающий вклад в выходные характеристики станков.

По этому большую актуальность приобретают задачи повышения эффективности механической обработки, решение которых способствует снижению трудовых затрат, уменьшению эксплуатационных расходов, повышению производительности отдельных операций, автоматизации обработки сложных деталей. Наиболее приемлемым путем повышения точности и производительности, снижения объема доводочных работ и себестоимости изготовления деталей является применение высокоскоростной обработки, что позволяет оптимизировать процесс механической обработки. К высокоскоростной обработке относятся изменения в конструкции металлорежущих станков шпиндельных узлов (ШУ), способные работать на скоростях вращения и линейных перемещений, во много раз превышающих режимы при простой обработке, а также системы ЧПУ с более высокой скоростью расчета траектории и современные конструкции инструмента.

Анализ промышленных конструкций высокоскоростных ШУ с опорами на газовой смазке показывает, что в их состав входят радиальные и упорные газостатические подшипники (УГСП). Различные вопросы разработки и исследований высокоскоростных шпинделей с подшипниками на газовой смазке рассмотрены в целом ряде работ[5–8]. Наиболее важными эксплуатационными характеристиками таких опор являются жесткость смазочного слоя, восстанавливающий момент от перекоса оси шпинделя и несущая способность, влияние которых на результаты механической обработки хорошо известны в практике. Поэтому проблема создания газовых опор, позволяющих обеспечить высокие выходные характеристики ШУ и тем самым разрабатывать конкурентоспособное металлорежущее оборудование повышенной производительности, имеет первостепенное значение в промышленности. Газовые подшипники способны надежно работать при высокой и низкой температуре и влажности, их применение исключает загрязнение окружающей среды, уменьшает уровень шума и вибрации. Такие подшипники практически лишены износа, поэтому высокие выходные характеристики точности вращения шпинделя сохраняются практически на весь срок эксплуатации металлорежущих станков.

Список литературы

1. Космынин А.В., Чернобай С.П. Анализ точности вращения высокоскоростных шпинделей с газостатическими опорами // СТИН. – 2006. – № 6. – С. 10–13.

2. Космынин А.В., Чернобай С.П., Шаломов В.И. Прецизионные шпиндельные узлы внутришлифовальных станков для высокоскоростной обработки деталей ЛА // Авиационная промышленность. – 2006. – № 1. – С. 23–25.

3. Космынин А.В., Чернобай С.П., Виноградов С.В. Расчет частично пористых газовых подшипников высокоскоростных шпиндельных узлов // Автоматизация и современные технологии. – 2008. – № 10. – С. 8–12.

4. Космынин А.В., Чернобай С.П. Повышение точности работы металлообрабатывающих станков при производстве деталей летательных аппаратов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – № 12. – С. 126–127.

5. Космынин А.В., Чернобай С.П. Ресурсосберегающий подход повышения качества продукции // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 4. – С. 53–54.

6. Космынин А.В., Чернобай С.П. Совершенствование конструкций металлообрабатывающих станков при производстве деталей летательных аппаратов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 4. – С. 104.

7. Космынин А.В., Чернобай С.П. Оптимизация процессов высокоскоростной обработки // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 4. – С. 94–95.

8. Чернобай С.П., Саблина Н.С. Режущий инструмент для высокоскоростной обработки деталей летательных аппаратов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 2. – С. 54.

9. Космынин А.В., Щетинин В.С., Иванова Н.А. Шпиндельные узлы на газомагнитных опорах // Фундаментальные исследования. – 2008. – №10. – С. 76.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Космынин А.В., Чернобай С.П., Саблина Н.С., Космынин А.А.

ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», Комсомольск-на-Амуре, e-mail: avkosm@knastu.ru

Все возрастающие объемы механообрабатываемых деталей современных летательных аппаратов, жесткие требования к обводообразу-