

заполнители, вычисленные согласно теории с использованием независимых гипотез к каждому слою, отличаются в 4,5-6 раз от соответствующих величин, полученных на основе теории единых гипотез по толщине для всего пакета слоев. В рассмотренных случаях сохраняется качественное расхождение процесса волнообразования для величин напряжений в срединной поверхности заполнителя.

Необходимо отметить, что на исследуемом интервале времени результаты расчетов напряженно-деформированного состояния, согласно теории Кирхгофа-Лява, неоднородных по толщине оболочек [1] при заданном нагружении, граничных условиях и геометрических характеристиках совпадают по максимальным величинам и характеру волнообразования с расчетами согласно теории неоднородных многослойных оболочек типа Тимошенко с использованием единых гипотез по толщине для всего пакета слоев. Для некоторых моментов времени наблюдается расхождение исследуемых параметров на 7-21%, вычисленных на основе этих теорий, однако максимальные значения величин прогибов u_3 и напряжений σ_{22} в обшивках и заполнителе отличаются в меньшей степени.

Выводы. Предложенная уточненная математическая модель динамического поведения упругих многослойных цилиндрических оболочек при осесимметричном импульсном нагружении позволяет повысить точность проектных решений при исследовании несущей способности конструктивно неоднородных оболочечных систем.

Выполнен сравнительный анализ нестационарных колебаний неоднородных по толщине оболочек вращения согласно основных прикладных теорий типа Тимошенко в геометрически нелинейной постановке. Результаты анализа напряженно-деформированного состояния трехслойной оболочки, выполненного на основе уточненной математической модели с учетом сдвиговых и нормальных деформаций, показали высокую эффективность разработанной методики расчета в широком волновом диапазоне.

Список литературы. 1. Амбарцумян С.А. Общая теория анизотропных оболочек.– М.: Наука, 1974. – 446 с. 2. Богданович А.Е. Нелинейные задачи динамики цилиндрических композитных оболочек. – Рига: Зинатне, 1987. – 295 с. 3. Болотин В.В., Новичков Ю.Н. Механика многослойных конструкций. – М.: Машиностроение, 1980. – 375 с. 4. Григолюк Э.И., Куликов Г.М. Многослойные армированные оболочки. – М.: Машиностроение, 1988. – 288 с. 5. Луговой П.З. Динамика тонкостенных конструкций при нестационарных нагрузках // Прикл. механика. – 2001. – Т.37, № 5. – С.44–73. 6. Пискунов В.Г., Вериженко В.Е. Линейные и нелинейные задачи расчета слоистых конструкций. – К.: Будівельник, 1986. – 176 с. 7. Рихтмайер Р., Мортон К. Разностные методы решения краевых задач.– М.: Мир, 1972. – 420 с.

Сдано в редакцию 12.12.07

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ УСИЛЕННОГО СЕЧЕНИЯ СВЕРЛА

Коваленко В.И., Федосов Н.Н., Свистун Т.В. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

The paper describes the method of calculation the area of the strengthened cross-section of a drill which can be used at the determination of stability and strength of drill. The calculation method of a correction coefficient for determination of cross-section area of usual and strengthened drills are presented in the paper.

Обзор состояния вопроса.

Проблема точности отверстий, получаемых осевыми режущими инструментами, в том числе сверлами, является актуальной. Уже на стадии проектирования инструмента в ряде случаев необходимо рассчитать величину возможной погрешности, вызываемой инструментом во время работы. Для рациональной эксплуатации осевого режущего инструмента, в частности сверл, требуется их расчет на прочность, а в некоторых случаях (например, при сверлении глубоких отверстий) – также и на устойчивость.

При расчете сверл на прочность и устойчивость необходимо знание, в частности, сил резания (определяются по общемашиностроительным справочникам [1] или по специальным методикам) и площади поперечного сечения сверла. В известной литературе [2 - 4] подобные расчеты выполнены только для сверл, имеющих наиболее употребительные конструктивные характеристики. В то же время в зависимости от конкретных условий обработки могут использоваться нестандартные сверла с конструктивными характеристиками, отличающимися от наиболее употребительных; в этом случае требуется точное определение площади поперечного сечения сверла.

В работе [5] была рассмотрена методика определения площади поперечного сечения спирального сверла обычной конструкции. В настоящей работе рассмотрены особенности определения площади усиленного сечения спирального сверла.

Целью работы является определение площади поперечного усиленного сечения сверл, имеющих различные конструктивные особенности. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**: определить площадь поперечного усиленного сечения сверла; уточнить полученное значение площади с помощью поправочного коэффициента; произвести сопоставление результатов расчета определения обычного и усиленного сечения сверл.

Определение площади поперечного усиленного сечения сверла.

В отличие от поперечного сечения обычного спирального сверла [5], (форма стружкоотводящих канавок которого образована пересечением окружностей со смещенными центрами относительно центра сверла и прямыми, образующими ленточку сверла), усиленное сечение сверла имеет более простую форму (рис.1). Для сверла такой формы стружкоотводящая канавка образована пересечением двух прямых, одна из которых параллельна оси абсцисс, а вторая образует с осью ординат угол α . Расчет сечения сверла анализируемой конструкции несколько упрощается по сравнению с расчетом площади поперечного сечения обычного спирального сверла.

В результате такого изменения конструкции площадь усиленного сверла оказывается больше, чем соответствующая площадь поперечного сечения обычного спирального сверла. Измененное сверло является более прочным, что позволяет использовать сверла с таким поперечным сечением для обработки труднообрабатываемых материалов.

Прямая стружкоотводящей канавки, получаемая при пересечении плоскостью, перпендикулярной оси сверла, имеет в двумерной системе координат (x, y) следующую зависимость:

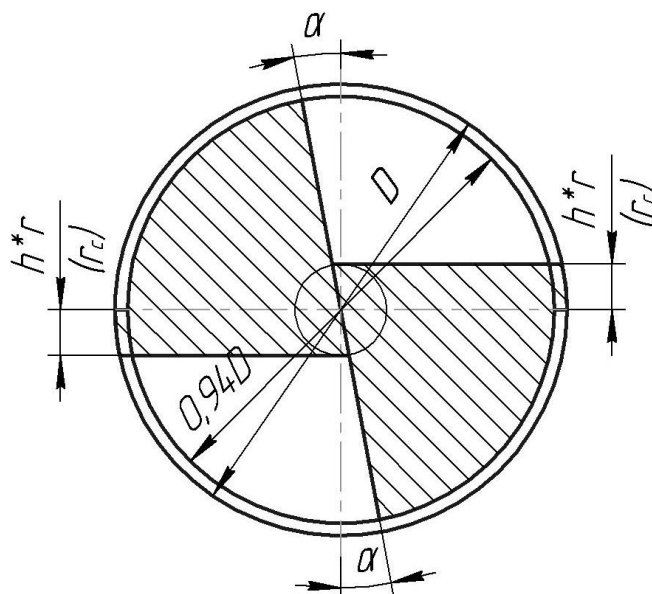


Рис. 1. Общий вид поперечного усиленного сечения сверла

$$y = K \cdot x = -\frac{x}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (1)$$

где $K = -\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$ - коэффициент пропорциональности; α - угол наклона к оси ординат прямой стружкоотводящей канавки.

Радиус сердцевинки сверла r_c определяется в зависимости от радиуса сверла r по выражению $r_c = h \cdot r$, где h - коэффициент радиуса сердцевинки.

По рекомендациям [4] (см. рис. 1), при радиусе сердцевинки $r_c = 0,2 \cdot r$ для сверла усиленного сечения, прямая стружкоотводящей канавки образует с осью ординат угол $\alpha = 12,011^\circ$.

Для аналитического определения площади поперечного усиленного сечения сверла найдем зависимость изменения угла наклона α от изменения величины радиуса сердцевинки.

Исследуем следующий диапазон значений коэффициента радиуса сердцевинки $h = 0 ? 1$.

Сделаем следующие допущения:

- величина α изменяется в зависимости от величины радиуса сердцевинки по квадратичному закону;

- при $h = 1$: $\alpha = 0^\circ$;

- при $h = 0,1$: $\alpha = 13,513^\circ$ [4].

Тогда, учитывая [5], найдем взаимосвязь между углом α и коэффициентом радиуса сердцевинки h :

$$\alpha = ah^2 + bh + c. \quad (2)$$

Найдем коэффициенты a , b и c .

$$\begin{cases} 13.513 = a(0.1)^2 + b \cdot 0.1 + c, \\ 12.011 = a(0.2)^2 + b \cdot 0.2 + c, \\ 0 = a + b + c. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 0.007, \\ b = -15.022, \\ c = 15.015. \end{cases} \quad (3)$$

Тогда

$$\alpha = 0.007h^2 - 15.022h + 15.015. \quad (4)$$

Площадь поперечного усиленного сечения спирального сверла относительно осей X – X и Y – Y определяется зависимостью

$$S_{Y-Y} = 2 \cdot (F_{1y} - (F_{21y} - F_{22y}) + (F_{31y} + F_{32y})), \quad (5)$$

где F_{1y} , F_{21y} , F_{22y} , F_{31y} , F_{32y} – площади простых фигур; F_{1y} , F_{31y} , F_{32y} имеют такие же зависимости, как и для поперечного обычного сечения сверла [5]; F_{21y} , F_{22y} определяются по следующим зависимостям (рис. 2 а):

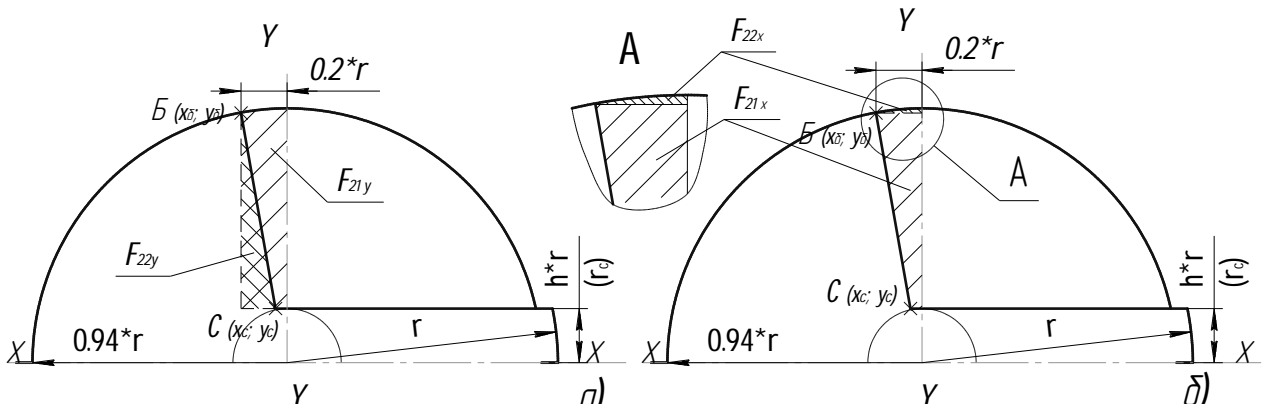


Рис. 2. Схема расчета площади поперечного усиленного сечения спирального сверла: а) – для нахождения площади отдельных частей F_{21y} , F_{22y} ; б) – для нахождения площади частей F_{21x} , F_{22x}

$$F_{1y} = \int_{-0.94*r}^0 \int_0^{\sqrt{(0.94r)^2 - x^2}} dy dx, \quad (6)$$

$$F_{31y} = \int_0^{\sqrt{r-r_c^2}} \int_0^{r_c} dy dx, \quad (7)$$

$$F_{32y} = \int_{\sqrt{r-r_c^2}}^r \int_0^{\sqrt{r^2 - x^2}} dy dx, \quad (8)$$

$$F_{21y} = 2 \cdot \int_{x_B}^0 \sqrt{(0.94 \cdot r)^2 - x^2} - h \cdot r dx, \quad (9)$$

$$F_{22y} = \int_{x_B}^{x_C} -\frac{x}{\operatorname{tg} \alpha} - h \cdot r dx, \quad (10)$$

где x_B, x_C – абсциссы точек $B(x_B; y_B)$ и $C(x_C; y_C)$ пересечения прямой стружкоотводящей канавки с окружностью радиусом $0.94 \cdot r$ и прямой $y = h \cdot r$.

По оси $X - X$ площадь поперечного усиленного сечения спирального сверла (рис. 2 б) определяется как сумма простых геометрических фигур по нижеследующим формулам (11) – (15).

$$S_{X-X} = 2 \cdot (F_{1x} - (F_{21x} + F_{22x}) + F_{3x}), \quad (11)$$

$$F_{1x} = \left| \int_0^{0.94 \cdot r} \int_0^{\sqrt{(0.94r)^2 - y^2}} dx dy \right|, \quad (12)$$

$$F_{3x} = \int_0^{r_C} \int_0^{\sqrt{r^2 - y^2}} dx dy. \quad (13)$$

$$F_{21x} = \left| \int_{y_C}^{y_B} -y \cdot \operatorname{tg} \alpha dy \right|, \quad (14)$$

$$F_{22x} = \left| \int_{y_B}^{0.94r} -\sqrt{(0.94 \cdot r)^2 - y^2} dy \right|. \quad (15)$$

Определение поправочного коэффициента для определения площади поперечного сечения сверла.

Найдем поправочный коэффициент k_S для определения площади поперечного обычного и усиленного сечения сверла.

$$k_S = \frac{\bar{S}}{d^2}, \quad (16)$$

где \bar{S} – средняя алгебраическая расчетная площадь сверла:

$$\bar{S} = \frac{S_{x-x} + S_{y-y}}{2}, \quad (17)$$

d – диаметр сверла.

Сравним поправочные коэффициенты для определения площади поперечного обычного и усиленного сечения сверл, для чего совместим графики кривых на одной диаграмме (рис. 3). Их анализа графиков видно, что поправочный коэффициент несколько больше для усиленного поперечного сечения сверла, а значит, и его площадь тоже больше.

По [4] при радиусе сердцевины $r_c/r = 0.2$ поправочный коэффициент для определения площади поперечного сечения обычного сверла $k_{st} = 0.38$, а для усиленного сверла $k_{st} = 0.4$.

Поправочные коэффициенты для определения площади поперечного сечения, рассчитанные по приведенным выше зависимостям при том же радиусе сердцевины равны для обычного сверла $k_s = 0.348$, для усиленного сверла $k_s = 0.402$.

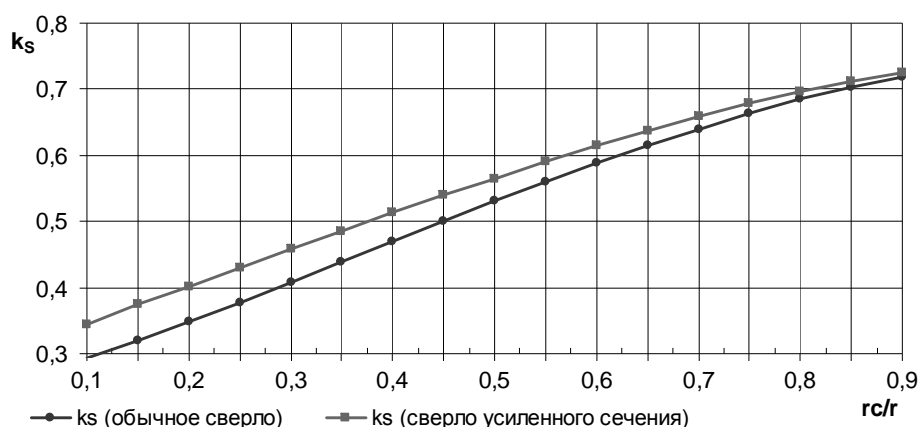


Рис. 3. Сравнение значений поправочного коэффициента для определения площади поперечного обычного и усиленного сечения сверл

Определим погрешности, возникшие при вычислениях площади поперечного сечения сверла:

$$\Delta_S = \left| \frac{k_{st} - k_s}{k_{st}} \right| \cdot 100\% \quad (18)$$

Погрешность при вычислениях поправочного коэффициента для обычного сверла составляет 8.5%, а для усиленного – 0.5%.

На величину погрешности влияют следующие причины:

- допущения, принятые в данной методике;
- округления в расчетах, выполненных по предложенной методике для определения площади поперечного сечения сверла.

Следовательно, при расчете площади поперечного сечения необходимо учитывать погрешности поправочных коэффициентов и определять площадь сечений сверл по следующей зависимости:

$$A = S \cdot \left(\frac{100}{100 \pm \Delta_S} \right), \quad (19)$$

где A – откорректированное значение площади поперечного сечения сверла.

Знак "-" принимаем при расчете площади поперечного сечения обычного сверла, т.к. расчетные значения поправочного коэффициента для определения площади поперечного сечения получаются меньше, чем приведенные в литературе и потому

увеличиваем его значение; знак "+" – при расчете площади поперечного сечения усиленного сверла, т.к. в этом случае расчетные значения поправочного коэффициента получаются больше, чем приведенные в литературе и потому уменьшаем его значение.

Сделаем следующие допущения:

- изменение значения погрешности Δ_S имеет линейный характер;

- при $r_c/r \rightarrow 1$: $\Delta_S \rightarrow 0$.

Найдем зависимость изменения погрешностей при расчетах поправочных коэффициентов для определения площади поперечного сечения обычного и усиленного сверл.

Представим значение погрешности поправочного коэффициента в виде:

$$\Delta_S = ah + b. \quad (20)$$

Найдем коэффициенты a и b для обычного сверла:

$$\begin{cases} 8.472 = a(0.2) + b; \\ 0 = a(1) + b. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = -10.59; \\ b = 10.59. \end{cases} \quad (21)$$

Тогда зависимость, по которой изменяется погрешность поправочного коэффициента для обычного сверла, имеет следующий вид:

$$\Delta_S = -10.59h + 10.59. \quad (22)$$

Найдем коэффициенты a и b для усиленного сверла:

$$\begin{cases} 0.535 = a(0.2) + b; \\ 0 = a(1) + b. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = -0.669; \\ b = 0.669. \end{cases} \quad (23)$$

Тогда зависимость, по которой изменяется погрешность поправочного коэффициента для усиленного сверла, примет следующий вид:

$$\Delta_S = -0.669h + 0.669. \quad (24)$$

Выводы. В работе приведена методика определения площади усиленного сечения сверла. С этой целью общая площадь сверла разбивается на отдельные составные части, каждая из которых определяется самостоятельно.

Произведено сопоставление разработанной в работе методики с методикой [5] определения площади поперечного обычного сечения сверла. Полученные графические зависимости показывают, каким образом изменяется значение поправочного коэффициента для определения площади поперечного обычного и усиленного сечения сверл в зависимости от положения анализируемой точки на режущей кромке сверла.

Для различных типов поперечного сечения сверл определена погрешность поправочных коэффициентов, учет которых позволяет определить откорректированное значение площади поперечного сечения сверла.

Приведенная методика позволяет достаточно просто, не затрудняясь промежуточными расчетами, определять площадь поперечного сечения сверл с любым радиусом сердцевины. Для этого необходимо лишь знать значения диаметра сверла и радиуса его сердцевины.

Результаты работы имеют самостоятельное значение и могут быть использованы при расчете сверл на прочность и устойчивость.

Список литературы: 1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2. Под ред. А.М. Дальского. - М.: Машиностроение -1, 2001. - 944 с. 2. Сопrotивление материалов/Под ред. Писаренко Г.С. – 5-е изд. – К: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 775с. 3. Проектирование металлорежущих инструментов./ Под ред. И.И. Семенченко. – М: Машиностроение, 1963. – 895с. 4. Пономарев С.Д. Основы современных методов расчета на прочность в машиностроении./ М: Машгиз, 1952. – 864с. 5. Коваленко В.И., Федосов Н.Н. Определение площади поперечного сечения сверла. Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний сб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, РВА ДонНТУ, 2007. - Вип. 33. С. 117-123.

Сдано в редакцию 15.01.08

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПОДЪЕМНОГО АГРЕГАТА АПРС-40

Кошекoв К.Т.

(СКГУ, г. Петропавловск, Казахстан)

Its represented methodology usage of defects discerning of reducing gears on the analysis of vibro-signals, based on the up to date direction in the theory and technics of measurements – identification measurements (IM). The base of IM is composed with operations of forms measurements and varying of vibro-signals and their characteristics. Its described means and methods of IM, directed to solving measurements and classification tasks of automatic and interactive defects discerning of reducing gears. Its considered examples of represented vibro-signals with quantitative characteristics of qualificative reducing gears condition.

1. Введение.

Постановка проблемы.

В Республике Казахстан основным производителем нефтегазодобывающего и нефтегазоперерабатывающего оборудования является Акционерное общество «Петропавловский завод тяжелого машиностроения» (АО ПЗТМ), выпускающий широкую номенклатуру продукции. Одним из наиболее распространенных изделий АО ПЗТМ является подъемный агрегат для ремонта нефтяных и газовых скважин АПРС-40 на монтажно-транспортной базе автомобиля УРАЛ-4320. Внешний вид агрегата представлен на рис. 1.

При проведении испытаний АПРС-40 в заводских условиях, т.е. при работе всех редукторов в нагрузочном режиме, где возможны случаи их перегрузки, возникают дефекты эксплуатационного характера, более 90% которых являются значительными, т.е. редуктор находится в рабочем состоянии, однако с течением времени он будет неработоспособным. В конструкцию АПРС-40 входит 8 редукторов, а при проведении испытаний необходимо вести одновременный мониторинг состояния всех редукторов с определением дефектов, своевременное устранение которых продлит срок службы агрегата и повысит его надежность эксплуатации. Следовательно, актуальной задачей исследования стало решение проблемы по созданию автоматизированной системы диагностики с универсальной и эффективной методикой и алгоритмом распознавания дефектов всех редукторов, входящих в АПРС-40.