

Пиль Э. А.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ НАЛАДКИ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ**

Адрес статьи: [www.gramota.net/materials/1/2009/6/44.html](http://www.gramota.net/materials/1/2009/6/44.html)

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

**Альманах современной науки и образования**

Тамбов: Грамота, 2009. № 6 (25). С. 141-144. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: [www.gramota.net/editions/1.html](http://www.gramota.net/editions/1.html)

Содержание данного номера журнала: [www.gramota.net/materials/1/2009/6/](http://www.gramota.net/materials/1/2009/6/)

**© Издательство "Грамота"**

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: [www.gramota.net](http://www.gramota.net)

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: [almanac@gramota.net](mailto:almanac@gramota.net)

Общая теория относительности Эйнштейна справедлива лишь на достаточно больших масштабах. Если использовать теорию струн, то, следовательно, общая теория относительности нуждается в пересмотре в плане возможности ее применения на длинах порядка планковской. На длинах порядка планковской должна использоваться иная новая геометрия, которая называется квантовой геометрией. Теория струн сегодня, видимо, является единственным естественным продолжением общей теории относительности в область сильных полей и малых расстояний.

В настоящее время теория струн является частью более общей теории, которая носит название М-теории. Перед созданием М-теории физики обнаружили, что на самом деле разработано пять разных вариантов теории струн. Поэтому была надежда, что должна быть создана теория, которая объединила бы все пять вариантов. Оказалось, что если ввести еще одно (десятое) дополнительное пространственное измерение, то это позволяет объединить все пять вариантов теории струн.

М-теория рассматривает одиннадцать измерений (десять пространственных и одно временное). М-теория включает в себя не только колеблющиеся струны, но и такие объекты, как колеблющиеся двумерные мембраны и трехмерные капли. Важную роль играют и протяженные объекты других размерностей. Протяженные трехмерные объекты называются 3-бранами, протяженные четырехмерные - 4-бранами (и так далее). В общем случае,  $p$ -брана имеет  $p$  пространственных измерений. В связи с этим иногда струны называют 1-бранами, а мембраны - 2-бранами. Можно отметить, что слово «браны» представляет собой обобщение второй части слова «мембраны».

Теория струн позволила подтвердить идею Бекенштейна о том, что черные дыры обладают энтропией. Но если понятие энтропии применить по отношению к черной дыре, то необходимо было найти структурные элементы черной дыры. Но так как было принято считать, что у черных дыр нет соответствующей достаточной структуры, то большинство физиков идею Бекенштейна отвергали. Даже после того, как Хокинг показал, что температура черной дыры не равна нулю, и, следовательно, черная дыра должна обладать энтропией, вопрос о структурных составляющих черных дыр по-прежнему оставался открытым. Лишь в конце 1996 г. удалось использовать теорию струн для нахождения микроскопических компонентов некоторого класса черных дыр. Теоретически было показано, что если использовать набор бран определенной размерности, то из них можно построить черные дыры. Количество способов выстраивания струн внутри черных дыр оказалось огромным. В итоге полученные результаты совпали с величиной энтропии, вычисленной Бекенштейном и Хокингом.

В заключение можно отметить, что если теория струн верна, то уже первые результаты, полученные на ее основе, демонстрируют поразительное проникновение в сущность пространства, времени и материи, т.е. в сущность устройства нашей Вселенной.

#### *Список использованной литературы*

1. Грин Б. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М.: Едиториал УРСС, 2004. 288 с.
2. Грин М. // УФН. 1986. Т. 150. № 4. С. 577-579.
3. Казаков Д. И. // Там же. 1986. Т. 150. № 4. С. 561-575.
4. Маршаков А. В. // Там же. 2002. Т. 172. № 9. С. 977-1020.
5. Морозов А. Ю. // Там же. 1992. Т. 162. № 8. С. 83-175.
6. Хван М. П. Неистовая Вселенная: от Большого взрыва до ускоренного расширения, от кварков до суперструн. М.: ЛЕНАНД, 2006. 408 с.
7. Энтони С. // УФН. 1986. Т. 150. № 4. С. 579-583.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ НАЛАДКИ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

*Пиль Э. А.*

*Петербургский государственный университет путей сообщения*

Производство автомобилей, и в особенности эксклюзивных моделей, выпускаются небольшими партиями, когда заполняется портфель заказов. Это, естественно, влияет на всю структуру автомобильного производства, переходя от массового производства к производству малых партий. При выпуске изделия малыми и небольшими партиями целесообразно иметь станки с числовым программным управлением (ЧПУ) и на их основе гибкие производственные системы (ГПС). Станки с ЧПУ позволяют производить быструю переналадку и повысить производительность труда, что ведет к понижению себестоимости выпускаемой продукции. Так, например, внедрение станков с ЧПУ типа обрабатывающий центр (ОЦ) позволяет повысить производительность труда в 10-12 раз. Но при внедрении дорогостоящих станков с ЧПУ требуется и внедрение новых технологий. Одним из способов повышения производительности труда является внедрение групповой технологии [Митрофанов, 1983, с. 407]. Под групповой технологией подразумевается разработка группового технологического процесса, групповой инструментальной наладки и группового приспособления. Но при появлении станков с ЧПУ типа ОЦ, в инструментальных магазинах которых может размещаться до 150 инструментов, можно использовать оптимальную инструментальную наладку (ОИН) [Пиль, 1990, с. 5; Пиль, 1993, с. 195; Пиль, 2003, с. 203]. Применение оптимальной инструментальной наладки позволяет практически свести к нулю время переналадки станков с ЧПУ типа ОЦ и повысить за счет этого на 7-8% их произво-

дительность. Ниже представлен процесс проектирования оптимальной инструментальной наладки для станков с ЧПУ типа ОЦ на основе анализа корпусных деталей оптического приборостроения.

Основной отличительной особенностью корпусных деталей оптического приборостроения состоит в том, что они изготовлены из алюминиевых сплавов, имеют тонкие стенки, т.е. не жесткие и большое количество отверстий небольшого диаметра, что и представлено на Рис. 1. Из рисунка видно, что 93% резьбовых отверстий в деталях оптического приборостроения приходится на резьбу М1,6-М5 и только 6% на резьбу М6-М78. Зная способы обработки резьбовых отверстий и применяемый режущий инструмент легко перейти к проектированию инструментальной наладки.

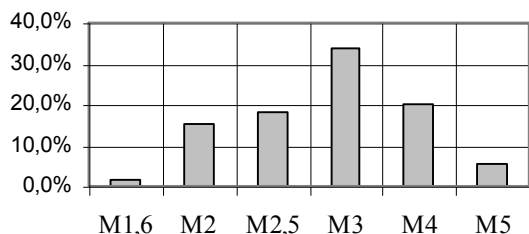


Рис. 1. Применение резьбовых отверстий в корпусных деталях

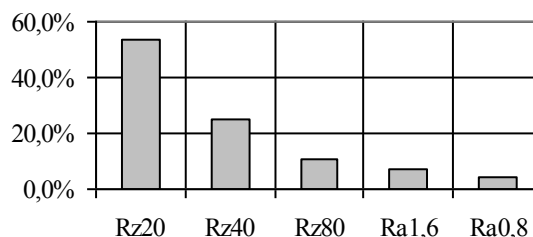


Рис. 2. Шероховатость гладких отверстий

Табл. 1. Анализ резьбовых отверстий в корпусных деталях

№ п/п	Диаметр резьбы, мм	Кол-во	№ п/п	Диаметр резьбы, мм	Кол-во	№ п/п	Диаметр резьбы, мм	Кол-во
1.	M1,6	41	7.	M6	26	13.	M19	1
2.	M2	391	8.	M7	1	14.	M22	3
3.	M2,5	380	9.	M8	4	15.	M24	1
4.	M3	843	10.	M10	19	16.	M40	1
5.	M4	479	11.	M14	24	17.	M42	1
6.	M5	115	12.	M18	12	18.	M68x0,75	1

На Рис. 2 представлены гистограммы шероховатости отверстий в корпусных деталях, из которого можно легко перейти уже к требуемому конкретному режущему инструменту.

Кроме того, анализ корпусных деталей показал, что 74,5% обрабатываемых отверстий являются резьбовыми, т.е. служат для крепления различных узлов и деталей и только 25,5% - гладкие отверстия. В Табл. 1 представлен анализ резьбовых отверстий и количество их применения в корпусных деталях, из которой сразу видно, что ряд резьбовых отверстий применяются очень редко и здесь встает вопрос о целесообразности применения следующих резьб: М7, М8, М19, М24.

Аналогичная таблица была построена и для гладких отверстий.

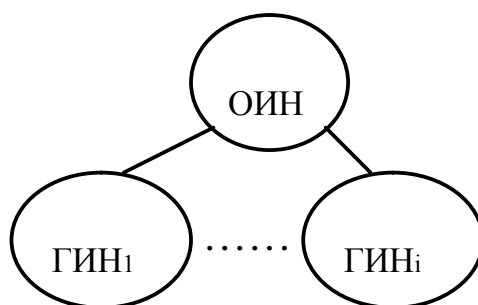


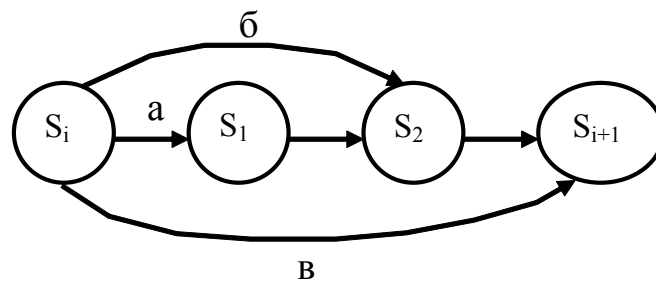
Рис. 3 Оптимальная инструментальная наладка

Но так как кроме отверстий, на обработку которых затрачивается до 70-80% машинного времени, в корпусных деталях присутствуют разнообразные внешние и внутренние контуры. Ниже в Табл. 2 представлены радиусами сопряжения внутренних контуров и их применяемость. Данная таблица позволяет легко выбрать требуемые фрезы и их диаметр исходя из того, что диаметр фрезы  $R_f = 0,9 R_{соп}$ , где  $R_{соп}$  - радиус сопряжения, мм, что необходимо при обработке контуров без зарезов при изменении направления движения фрезы.

**Табл. 2.** Радиусы сопряжения и их применяемость во внутренних контурах

№ п/п	Радиус, мм	Применение %	№ п/п	Радиус, мм	Применение %
1.	5	35,3	6.	2,25; 15	3,1
2.	8	12,2	7.	3,25	2,2
3.	3; 4	6	8.	11,5; 7	1,6
4.	2,5; 10; 20	4,6	9.	2; 3,75; 9; 12; 21; 22	1
5.	1,5; 6	4,3	10.	35	0,5

При проектировании оптимальной инструментальной наладки следует учесть наличие центровочного сверла и возможность фрезерования резьбовых отверстий, что позволит сократить количество осевого инструмента. Если же в инструментальном магазине станка с ЧПУ типа ОЦ останутся свободные гнезда, то в них можно разместить дублирующий режущий инструмент, который часто надо заменять.

**Рис. 4.** Варианты обработки типового элемента

Таким образом, оптимальную инструментальную наладку (ОИН) можно представить в виде графа, который составляет совокупность групповых инструментальных наладок ГИН (Рис. 3). Используя представленный выше материал можно легко спроектировать ОИН для любого производства, в том числе и для автомобильных предприятий. Так как математическую модель СКД можно представить в виде графа, вершинами которого являются поверхности, отверстия, контуры, типовые элементы, прямые, радиусы сопряжения, а ветвями - их конструкторские и технологические параметры, поэтому маршрутно-операционный технологический процесс можно представить в виде последовательности графов  $\Gamma_i = F(S_i)$  (т.е. технологических процессов), начиная с графа заготовки по чертежу  $\Gamma_{згч} = F(S_{згч})$  и заканчивая графом готовой детали по чертежу  $\Gamma_{гдч} = F(S_{гдч})$

$$\Gamma_{згч} = F(S_{згч}) \longrightarrow \Gamma_1 = F(S_1) \longrightarrow \Gamma_2 = F(S_1) \dots \Gamma_{гдч} = F(S_{гдч}).$$

При обработке любого элемента корпусной детали возможны различные их виды, т.е. каждому графу технологического процесса  $\Gamma_i = F(S_i)$  будет соответствовать граф инструментальной наладки  $\Gamma_{инi} = F(S_{инi})$ , у которого вершинами будут являться режущий инструмент, а ветвями конструкторские и технологические параметры данного режущего инструмента. Но здесь следует учесть, что процесс перехода любой вершины из состояния  $S_i$  в состояние  $S_{i+1}$  в графе технологического процесса может осуществляться несколькими способами, Рис. 4. Как видно из этого рисунка, здесь целесообразно при обработке применять способ "в", т.к. он позволяет сократить количество промежуточных вершин графа и, соответственно, режущий инструмент.

Исходя из Рис. 4 можно вывести следующее определение.

*Технологический процесс ТПр при переходе от предыдущего состояния графа  $\Gamma_i$  маршрутно-операционного технологического процесса МТП $\Gamma$  в последующее называется оптимальным, при котором количество промежуточных вершин между графами  $\Gamma_{i+1}$  и  $\Gamma_i$  минимально, а количество отдельных и взаимосвязанных между собой вершин графа  $\Gamma_{i+1}$  в единицу времени максимально.*

Оптимальному же технологическому процессу ТПопт $\Gamma$  будет соответствовать оптимальная инструментальная наладка ИНОпт $\Gamma$ . Что и представлено с следующим определением.

*Инструментальная наладка для технологического процесса ТПр при переходе от предыдущего состояния графа  $\Gamma_i$  маршрутно-операционного технологического процесса МТП $\Gamma$  в последующее  $\Gamma_{i+1}$  называется оптимальной, при которой количество промежуточных вершин между графами  $\Gamma_{i+1}$  и  $\Gamma_i$  минимально, а количество образованных отдельных и взаимосвязанных между собой вершин графа  $\Gamma_{i+1}$  в единицу времени максимально.*

То есть можно сказать, что металлорежущее оборудование и режущий инструмент первичны, а проектируемый маршрутно-операционный технологический процесс вторичен.

## Список использованной литературы

1. Митрофанов С. П. Групповая технология машиностроительного производства: в 2-х т. Л.: Машиностроение; Ленингр. отд-ние, 1983. 407 с.
2. Пиль Э. А. Оптимальная инструментальная наладка для станков с ЧПУ // Станки и инструмент. 1990. № 4.
3. Пиль Э. А. Технологическое обеспечение САПР ТП и УП на корпусные детали: монография. СПб.: ИТМО, 1993. 195 с.
4. Пиль Э. А. Теория сложности обработки корпусных деталей и её применение в машино- и приборостроении. СПб.: РЕМЕ&Co., 2003. 211 с.

ПРОИЗВОДНЫЕ ФУНКЦИЙ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ЗА ПОВЕРХНОСТЬЮ СИЛЬНОГО РАЗРЫВА

Прохоров Е. С.

Новосибирский государственный педагогический университет

В газовой динамике под сильным разрывом понимают двумерную поверхность в пространстве, на которой функции плотности  $\rho$ , массовой скорости  $u$ , давления  $p$  и других параметров сплошной среды имеют разрыв первого рода. Величины разрывов (или, как говорят, скачков) этих функций не могут быть произвольными, а удовлетворяют некоторым соотношениям – уравнениям сильного разрыва [Ландау, Лифшиц 1986]. Так для сильного разрыва типа «ударная волна» эти уравнения могут быть представлены в следующем виде

$$\begin{aligned} \rho_* (D - u_*) &= \rho_0 (D - u_0) \\ p_* + \rho_* (D - u_*)^2 &= p_0 + \rho_0 (D - u_0)^2 \\ U_* + p_* / \rho_* + (D - u_*)^2 / 2 &= U_0 + p_0 / \rho_0 + (D - u_0)^2 / 2 \end{aligned} \quad (1)$$

Они выражают законы сохранения массы, импульса и энергии на ударном фронте (поверхности разрыва). Здесь  $D$  – скорость фронта,  $U$  – удельная (на единицу массы) внутренняя энергия среды; индексами «0» и «\*» обозначаются значения газодинамических величин перед фронтом (в исходном состоянии) и непосредственно за фронтом волны соответственно. Отметим, что с учетом теплового эффекта за счет химических реакций эти законы сохранения применимы и для детонационного фронта (сильного разрыва с тепловыделением) [Митрофанов 2003].

Если движение среды за фронтом описывается гладким одномерным решением, тогда можно установить однозначное соответствие между частной пространственной производной (ЧПП) функции любого газодинамического параметра –  $(\partial y / \partial r)_*$ , где  $y = \{\rho, u, p\}$ , и производной по времени скорости (ускорением) фронта –  $dD / dt$ . Для одномерного адиабатического течения совершенного газа такие ЧПП за фронтом ударной волны приведены в [Седов 1963]. Однако область применимости этих соотношений в значительной мере ограничена условиями модели совершенного газа [Румер, Рывкин 1977], в рамках которой полагают, что газ является идеальным, химически инертным и имеет постоянный показатель адиабаты –  $\gamma = (\partial \ln p / \partial \ln \rho)_S = const$ , где  $S$  – энтропия вещества. Например, полученные ранее формулы для ЧПП не могут быть использованы для таких важных в практическом отношении случаев как: 1) движения газа за сильными ударными волнами, когда возможны возбуждение дополнительных степеней свободы и диссоциация молекул; 2) равновесные течения реагирующих газов за фронтом детонации, распространяющейся в химически активной среде.

В настоящей работе удалось снять эти ограничения путем использования естественного предположения к виду внутренней энергии  $U$ . Предположение основано на том, что с учетом термического состояния (например: уравнения Клапейрона - Менделеева или уравнения Ван-дер-Ваальса) полную внутреннюю энергию, включающую в себя кроме термодинамической части и потенциальную химическую энергию, можно представить в виде функции давления  $p$  и плотности  $\rho$  –  $U = U(p, \rho)$ . Это имеет место, как для инертных сред, так и для продуктов реакции в состоянии химического равновесия. При такой форме записи внутренней энергии, с учетом уравнения первого начала термодинамики, равновесная скорость звука  $c$  в среде определяется из соотношения

$$c^2 = (\partial p / \partial \rho)_S = (p / \rho^2 - U_\rho) / U_p, \quad U_\rho = (\partial U / \partial \rho)_p, \quad U_p = (\partial U / \partial p)_\rho. \quad (2)$$

Дифференцируя (1) по  $D$ , с учетом (2) получим систему алгебраических уравнений относительно производных  $dy_* / dD$ , где  $y_* = \{\rho_*, u_*, p_*\}$ :