

Чукин М.В., Барышникова М.П., Беляев А.О.

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССАХ ОМД С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Как известно, применение при моделировании различных процессов средств программирования позволяет производить обработку информации за короткие сроки. Тем самым, применение данных средств является целесообразным и при изучении и вопросов контактного взаимодействия поверхностей.

В описываемой работе при моделировании процесса контактирования поверхностей используются среда программирования «Delphi 7».

Описание основ подхода, используемого при компьютерном моделировании, было предложено в работе [1]. С целью дальнейшего его развития было проведено аналитическое исследование использования математических зависимостей различных авторов для определения функций пористости и целесообразности применения различных законов трения. Исследование показало, что наиболее адекватно при моделировании контактирования поверхностей как некомпактной среды процесс описывается с применением закона трения Зибеля и функции пористости, предложенных Гринном. Была получена аналитическая зависимость определения коэффициента пропорциональности при контактном взаимодействии двух поверхностей.

Основной целью данной модели является проверка полученных математических выкладок и расчет при известных параметрах процесса, значений функций пористости, которые при рассмотрении контакта поверхностей как некомпактной среды являются факторами уравнения, описывающего коэффициент пропорциональности (1):

$$f = \sqrt{\frac{1}{3} \left( \beta - \frac{\sigma_{XX}^2}{\sigma_s^2} (\alpha + 1) \right)}, \quad (1)$$

где  $\alpha, \beta$  – функции пористости;  $\sigma_s$  – предел текучести материала;  $\sigma_{XX}$  – нормальное напряжение.

Реализация модели построения поверхностей и процесса их контактирования выполнена в программе «Project\_Surface».

В настоящее время данная программа осуществляет следующие функции:

- построение двух шероховатых поверхностей;
- их поэтапное сведение;
- расчет значений фактической длины контакта;
- расчет значений глубины внедрения одной поверхности в другую;
- расчет значений пористости материала по сечениям;
- расчет значений пористости материала в области внедрения;
- построение графика распределения пористости материала по сечениям;
- учет проведенных опытов;
- фильтрацию данных по заданным параметрам;
- расчет статистических данных для выборки;
- возможность автоматического моделирования.

При моделировании предполагается, что один из материалов, а именно инструмент, абсолютно жесткий, и потому рассматриваются и учитываются пластические характеристики только одного обрабатываемого материала.

Окно ввода данных позволяет варьировать следующими данными:

- а) для инструмента:
  - максимально возможной величиной шероховатости;
  - величиной шага смены угла наклона пика шероховатости;

- б) для обрабатываемого материала:
  - максимально возможной величиной шероховатости;
  - величиной шага смены угла наклона пика шероховатости;
  - видом материала;
  - временным сопротивлением разрыву;
  - коэффициентами полинома упрочнения.

- в) в совокупности для двух материалов – длина рассматриваемого участка.

Интерфейс предлагаемой программы «Project\_Surface» представлен на рис. 1. При этом задаваться механическими характеристиками материала: временным сопротивлением разрыву и коэффициентами полинома упрочнения возможно как ручным вводом, так и при выборе вида обрабатываемого материала, для которых опытным путем были уже установлены данные значения.

Построение поверхностей производится

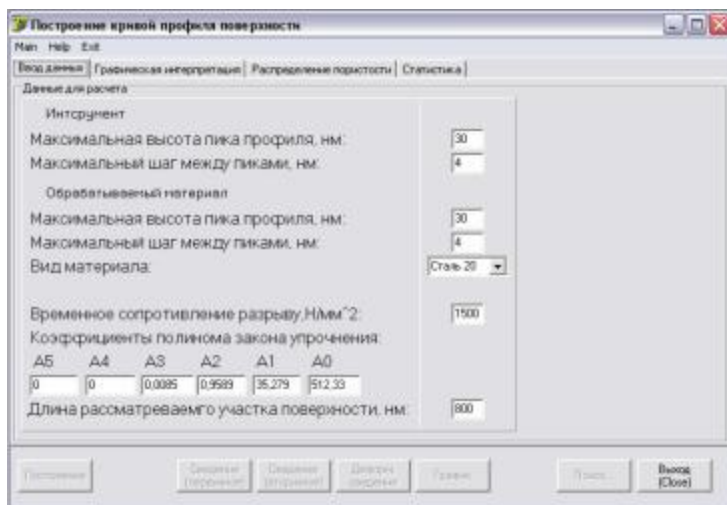


Рис. 1. Интерфейс программы «Project\_Surface». Окно ввода данных

случайным образом с использованием нормального распределения для значений высоты и шага смены угла наклона пиков шероховатости как для инструмента, так и для обрабатываемого материала (рис. 2, слева).

При предложенной постановке к рассмотрению поверхностей и использовании математического аппарата механики некомпактных сред появляется вопрос возможности сопоставления с теми или иными уже известными процессами в порошковой металлургии.

В процессах, осуществляемых с порошковыми материалами, принято выделять некую стадийность. Так, например, в процессах прессования:

- стадия свободной засыпки обрабатываемого порошка, когда площадь контакта наименьшая, а пористость наибольшая;
- стадия утряски порошка, когда происходит без приложения деформирующей нагрузки перераспределение частиц порошка с небольшим увеличением площади контакта и уменьшение пористости;
- стадия пластической деформации – собственно прессование, когда происходит резкое изменение механических характеристик материала, перераспределение частиц, их упрочнение, некоторое спекание со значительным уменьшением пористости и соответственно увеличением площади контакта.

В соответствии с данными положения проведена аналогия и в данной модели, где выделяются следующие этапы сведения поверхностей:

- этап первичного сведения;
- этап вторичного сведения;
- этап пластического сведения.

На первом этапе, осуществляемом с помощью модели, происходит сведение двух поверхностей до первоначального контакта, пусть даже единичного. По аналогии в описанной выше стадийности сведение на данном этапе осуществляется без приложения какой-либо деформации. На рис. 2 (справа) представлен момент, когда при первичном сведении появился контакт.

На втором этапе также подразумевается сведение поверхностей без приложения деформирующего усилия. Данный процесс подобен соскальзыванию. При этом по аналогии с процессом прессования происходит увеличение площади контакта и уменьшение пористости. Результат подобного этапа сведения представлен и на рис. 3 (слева).

Третий этап является сведением поверхностей с приложением деформирующей нагрузки. Как было описано ранее, деформация рассматривается отдельно для одного обрабатываемого материала. Закон упрочнения задан полиномом упрочнения пятой степени. Полино-

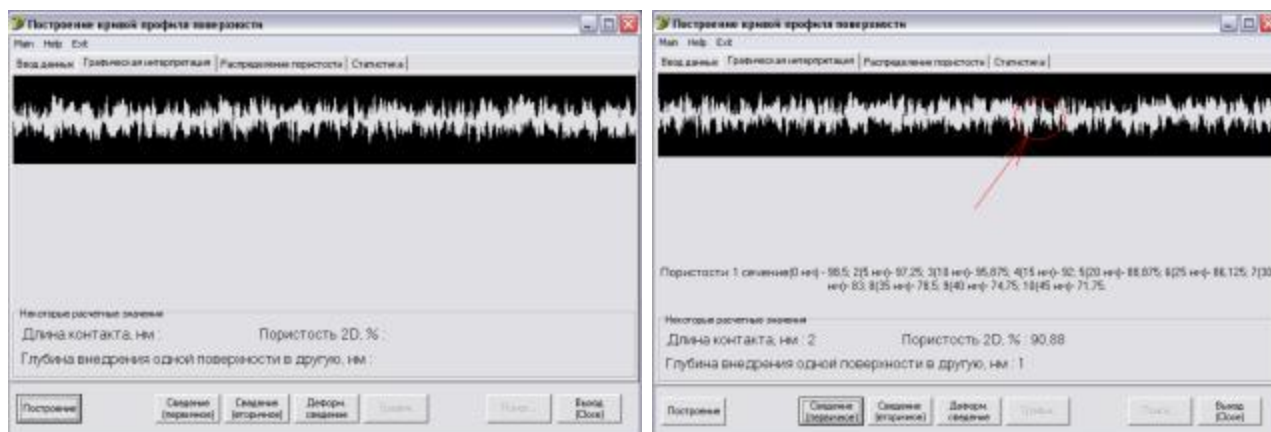


Рис. 2. Интерфейс программы «Project\_Surface». Окно построения профилей поверхностей. Результат построения поверхностей (слева) и первичного сведения (справа)

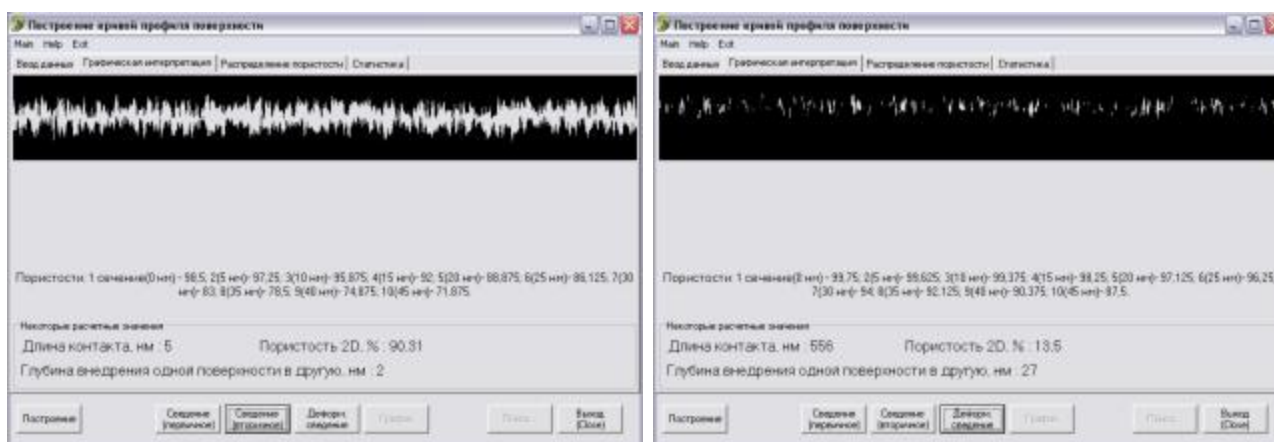


Рис. 3. Интерфейс программы «Project\_Surface». Окно построения профилей поверхностей. Результат вторичного (слева) и деформационного сведения (справа)

мы упрочнения были получены опытным путем, пока только для марок стали 20 и 45 [3], хотя данная программа предполагает ввод данных для любого материала с известными коэффициентами полинома.

Одним из ограничений, принятых при моделировании, является то, что тензор деформации содержит только одну компоненту – нормальную, т.е. процесс сведения осуществляется только в одном направлении – навстречу друг к другу без смещения.

Получаемый в результате профиль двух поверхностей после этапа пластического сведения представлен на рис. 3 (справа).

Как видно из рис. 2 и 3, по аналогии со стадийностью в процессах прессования происходит изменение как величины контакта, так и пористости.

На каждом этапе производится расчет нескольких параметров (см. рис. 2 и 3) и графическая интерпретация одного из них – пористости по сечениям (рис. 4).

Производится расчет фактической длины контакта поверхностей, глубины внедрения одной поверхности в другую, пористости в зоне внедрения. Построение распределения пористости производится по рассчитываемым значениям пористости по сечениям с заданным шагом как для материала инструмента, обрабатываемо-

го материала, так и суммарно для всей системы.

Одним из описанных выше получаемых параметров является, называемая нами, пористость. Применение данных значений при подстановке в уравнения, описывающие функции пористости (2), а соответственно далее в уравнение (1) позволит оценить коэффициент пропорциональности.

$$\alpha = \frac{1}{4} \left[ \frac{3 \left( 1 - v^{\frac{1}{3}} \right)}{\left( 3 - 2v^{\frac{1}{4}} \right) \ln v} \right]^2 ; \quad \beta = \left[ \frac{3 \left( 1 - v^{\frac{1}{3}} \right)}{3 - 2v^{\frac{1}{4}}} \right]^2 \quad (2)$$

Дальнейшая работа была направлена на применение для аналитического анализа статистических методов и проведения многофакторного эксперимента, что должно позволить получать более удобные для применения искомые значения и сформулировать более точные закономерности и рекомендации.

Для этого одной из функциональных особенностей предлагаемого программного обеспечения является возможность записи всех факторов и параметров проведенных опытов в единую базу. Окно вывода массива данных из базы представлено на рис. 5 (слева).

Для обработки полученных данных используется функция поиска для получения выборки с заданными параметрами.

Данная функция производит также расчет нескольких статистических значений для выборки, таких как: среднее значение и дисперсия длины контакта, глубины внедрения и пористости.

Для облегчения набора и обработки информации в программе имеется возможность автоматического моделирования, позволяющая получить данные для n-го числа опытов. Окно поиска и автоматического моделирования представлено на рис. 5 (справа).

При использовании данной модели для подтверждения возможности и адекватности описания процесса через такие статистические параметры, как среднее значение и дисперсия имеется возможность произвести

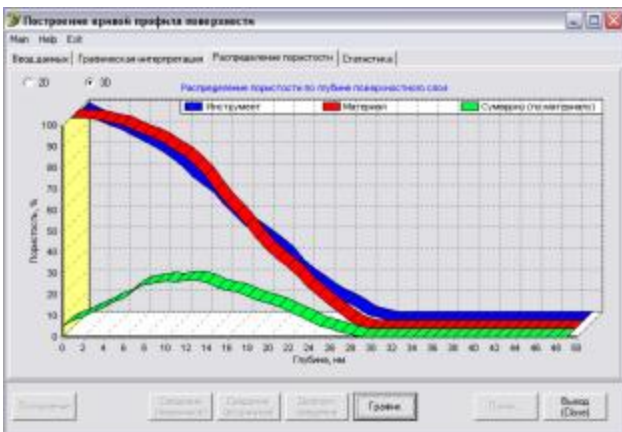


Рис. 4. Интерфейс программы «Project\_Surface». Окно графической интерпретации распределения пористости

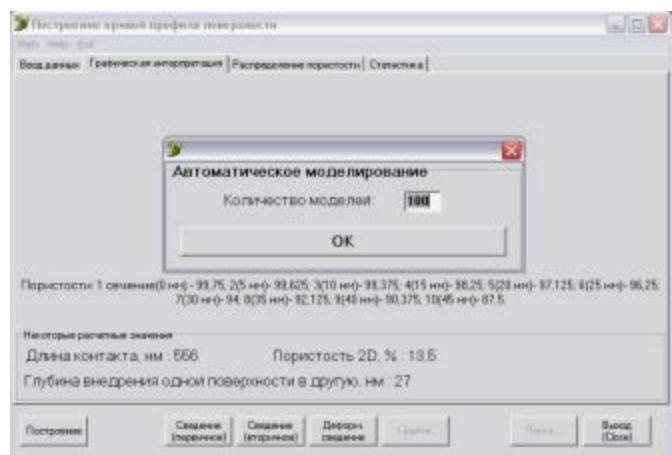
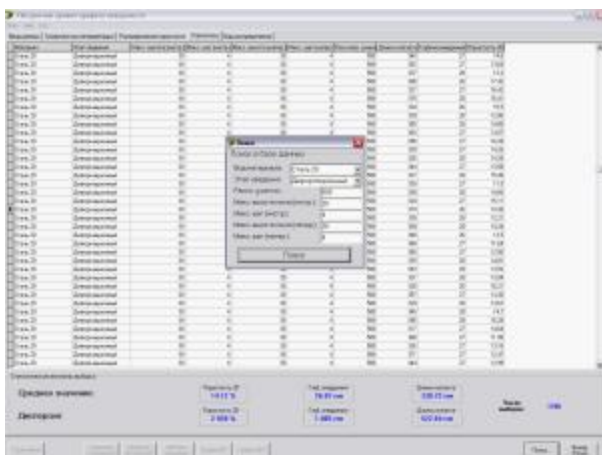


Рис. 5. Интерфейс программы «Project\_Surface». Окно вывода данных и функции поиска (слева), окно функции автоматического моделирования (справа)

проверочное построение частоты распределения для выборки значений пористости (рис. 6).

Тем самым, можно отметить следующее:

1) Применение при моделировании процесса контактирования поверхностей, средств программирования позволяет производить случайное построение профилей поверхностей.

2) Интересующие действия и обработка информации производятся за короткие сроки.

3) Доступность обеспечивает простоту в использовании и апробировании.

4) Возможно использование предлагаемого подхода и предложенного программного обеспечения для расчета значений коэффициента пропорциональности в различных задачах ОМД.

5) Прогноз коэффициента пропорциональности с определенной долей погрешности как математическое ожидание в некотором интервале.

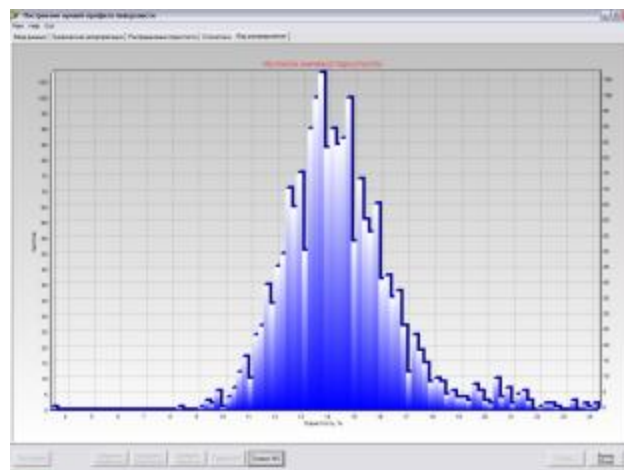


Рис. 6. Интерфейс программы «Project\_Surface». Окно построения частоты распределения значения пористости

#### Список литературы

1. Чукин М.В., Гун Г.С., Барышников М.П. Оценка коэффициента пропорциональности в законах трения при ОМД на основе теории совместной пластической деформации некомпактных сред // Обработка сплошных и слоистых материалов: Межвуз. сб. науч. тр. Магнитогорск, 2004. № 31. С. 118–127.
2. Особенности реологических свойств конструкционных наносталей / Чукин М.В., Гун Г.С., Барышников М.П. и др. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2008. № 1. С. 24–27.

#### List of literature

1. Chukin M.V., Gun G.S., Baryshnikov M.P. Assessment of the proportionality coefficient in the friction laws at the MDP based on the theory of the combined plastic deformation of the noncompact agents // Treatment of the solid and laminated materials: Collection of scientific works. Magnitogorsk, 2004. № 31. P. 118–127.
2. Peculiarities of the rheological properties of the constructional nanosteels / Chukin M.V., Gun G.S., Baryshnikov M.P. and others // Vestnik of the MSTU named after G.I.Nosov. 2008. № 1. P. 24–27.

УДК 519.711.3:371.214.27

Вожаков А.В., Гитман М.Б.

## МОДЕЛЬ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ С НЕЧЕТКИМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ

В условиях рыночных отношений наблюдается тенденция к ужесточению внутриотраслевой конкуренции, каждый участник рынка стремится привлечь клиента наиболее выгодным предложением. Таким предложением может быть низкая цена или небольшие сроки поставки. Для сокращения сроков поставки продукции процесс управления производством должен функционировать таким образом, чтобы технологические процессы производства продукции проходили без задержек и не пересекались, обеспечивая при этом максимальную скорость выполнения необходимых для производства технологических операций. В общемировой практике управления производством основные акценты ставятся на разработку оптимальной системы планирования производства. В настоящее время планирование производства на крупных промышленных предприятиях является проблемным направлением ввиду того, что объемы выпускаемой продукции огромны, и проанализировать все варианты запуска в производства всей необходимой клиентам продукции с целью поиска оптимального плана не представляется возмож-

ным. Поэтому в качестве плана производства, как правило, используются не оптимальные планы, а лишь допустимые. Использование неоптимальных планов производства ведет за собой множество очевидных недостатков, результатом которых всегда становится снижение прибыли предприятия.

Вся система управления предприятием разделяется на три структурных уровня [1, 2]:

1. Уровень стратегического планирования. На данном уровне происходит сбор информации: прогнозирование, фильтрация и отбор заказов, анализ существующих мощностей и бизнес-целей производства. Результатом комплексной работы всех участников процесса является построение главного календарного плана производства (ГКПП), который регламентирует «что?», «к какому сроку?» и «в каких количествах?» будет выпускаться в плановом периоде [3].

2. Уровень тактического планирования. На данном уровне на основе составленного ГКПП, с использованием более детальной информации о производственных мощностях, строится план-график производ-