

Таблица

Положение главного вала	120°	140°	160°	180°	200°	220°	240°
Скорость подачи, м/с	10,14	12,25	13,77	14,1	13,1	11,1	8,61
Предельная скорость, м/с	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9

Анализ показывает, что выбранный режим работы станка АТПР-120 следует считать неудовлетворительным, так как скорости подачи утка компенсатором отмеривающим механизмом превышают предельные скорости движения уточной нити. При работе станка в данном режиме будут иметь место напуски в зоне заправки отмеривающий механизм – компенсатор и, как следствие этого, малое натяжение уточной нити в момент передачи ее из рапиры в рапиру, отставание движения конца уточной нити от цикловой диаграммы станка, что приведет к недолетам утка.

Уменьшить максимальную скорость подачи уточной нити при заданном режиме работы станка до значений предельной скорости при наличии шарнирно-стержневого или дискового компенсаторов можно лишь путем уменьшения величины радиуса его кривошипа. Проведенный анализ регулировочных возможностей механизмов компенсаторов показал, что невозможно выполнить эту операцию оптимально из-за появления явяяяя2малыхя2 недолетов у левой кромки ткани. Поэтому было рекомендовано применение механизма компенсатора кулачкового типа. Для которого закон подачи уточной нити выбирается с учетом величины предельной скорости движения при требуемом режиме работы станка.

#### Аннотация

Проведен анализ регулировочных возможностей механизмов компенсаторов. Рекомендовано применение механизма компенсатора кулачкового типа.

#### Summary

The analysis of the regulation possibilities of compensator mechanisms is carried out. The compensator mechanism of cam type is recommended for use.

УДК 658.512

### ПРОБЛЕМА СБЕРЕЖЕНИЯ РЕСУРСОВ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

**Н.В. Беляков, Е.И. Махаринский**  
УО «Витебский государственный  
технологический университет»

Формализация и последующая автоматизация процедур проектирования технологических процессов механической обработки, несомненно, является источником ресурсосбережения в машиностроении. Разработанный технологический процесс должен обязательно обеспечить заданную чертежом точность размеров и относительных поворотов. Точность относительных поворотов обеспечивается только правильным выбором технологических баз.

Но анализ литературы и опыта эксплуатации CAD/CAM систем для машиностроения показал, что для сложных (корпусных) деталей пока еще не созданы системы автоматизированного проектирования схем базирования и схем установки, а также последовательности обработки компонентов заготовки в пределах каждого этапа технологического процесса. Это происходит потому, что пока еще не была разработана формализованная методика выполнения указанных процедур, и они могут выполняться инженером-технологом только в режиме диалога с ЭВМ на основе собственного опыта и интуиции.

Формализация процедур проектирования технологических процессов актуальна не только для автоматизации их выполнения, но и при ручном проектировании, как на производстве, так и в учебном процессе.

Поэтому предлагаются методики и программные продукты, позволяющие формализовать зависимости между конфигурацией обрабатываемой детали ее точностными параметрами и технологическими базами, между технологическими базами, технологическими комплексами и последовательностью обработки поверхностей.

Источниками ресурсосбережения разработанных и внедренных формальных методик и программных продуктов являются:

- рост производительности труда в сфере подготовки производства сложных корпусных деталей (ускорение темпов проектирования, исключение необходимости исправления ошибок проектирования в процессе внедрения технологического процесса, существенное сокращение времени на рутинную оформительскую работу);
- повышение качества проектирования технологических процессов изготовления сложных корпусных деталей (типизация локальных проектных решений, возможность выбора оптимального варианта, снижение роли субъективных факторов и брака в процессе проектирования, повышение точности расчетов).

Разработаны основы для синтеза информационно-технологических моделей корпусных деталей машин из параметризованных функциональных модулей; методика, позволяющая четко и однозначно назначать вид компонентов (установочная, направляющая, опорная, двойная опорная и т. д.) комплекта операционных технологических баз, вырабатывать рекомендации по оптимальному составу компонентов схемы установки (базирование на станках сопряжением) при проектировании технологических процессов механической обработки заготовок корпусных деталей машин; назначать маршрут обработки функциональных модулей и заготовок

Предлагаемая методика может применяться только при внесении некоторых уточнений и дополнений в ГОСТ 21495-76 «Базы в машиностроении. Термины и определения» и в ГОСТ 3.1107-81 (СТ СЭВ 1803-79) «Опоры зажимы и установочные устройства. Графические обозначения». Основой предлагаемого варианта корректировки ГОСТ 21495-76 являются предложения разграничить понятия проектного и реального базирования, теоретической схемы базирования и теоретической схемы установки [1].

Чтобы существенно уменьшить «размерность» задачи синтеза технологических процессов, связать элемент классификации с основами проектирования технологии, предлагается рассматривать деталь не как совокупность взаимосвязанных элементарных поверхностей, а как совокупность взаимосвязанных функциональных модулей разных уровней сложности. Функциональный модуль (ФМ) – это группа элементарных поверхностей, вместе выполняющих хотя бы одну функцию. Общее обоснование подхода описания детали как совокупности взаимосвязанных функциональных модулей приводится в работах Базрова Б.М.. Однако модульная технология нашла свое применение как форма организации производственного процесса, а вопросы связанные с синтезом единичных технологических процессов корпусов не нашли окончательного решения.

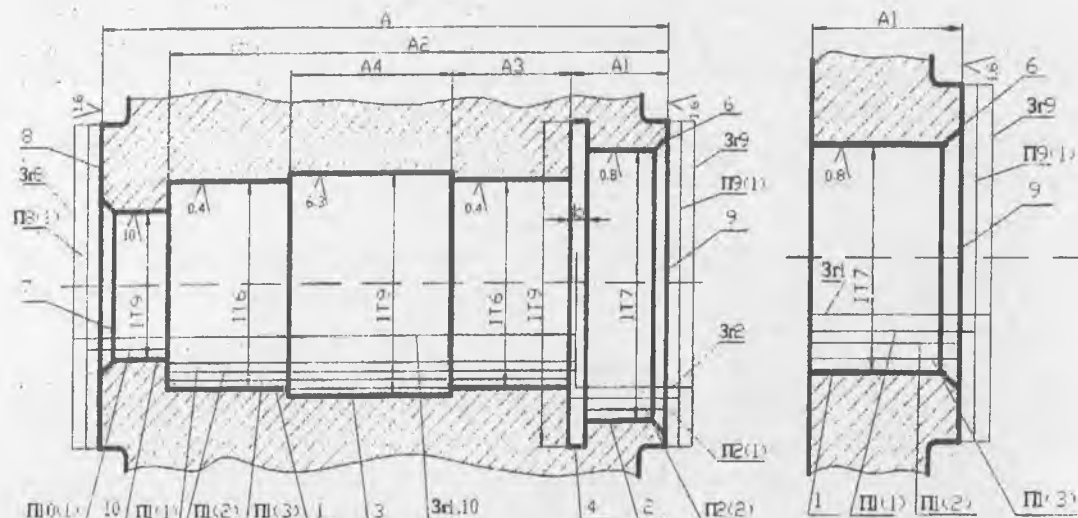


Рисунок 1 – Комплексный ФМ и его частный случай

Ранее были разработаны принципы классификации и классификаторы комплексных ФМ (рис. 1), применяемых на машиностроительных предприятиях Витебской области[2].

В процессе механической обработки деталей машин изменение состояния ФМ детали от исходного до конечного, как правило, осуществляется за несколько технологических переходов, по мере выполнения которых постепенно повышаются показатели его качества. Установлено, что существует два метода определения маршрутов обработки ФМ: 1) с помощью синтеза возможных вариантов маршрута на основе моделирования состояния показателей его качества; 2) с помощью стандартных маршрутов, применяемых на том или ином предприятии.

Для реализации первого метода разработан алгоритм и программа на языке Delphi 5.0 для автоматического синтеза всех возможных вариантов маршрутов обработки для

ФМ любой сложности [3].

Таблица 1 - Элемент технологического регламента обработки комплексного ФМ ОББ1

n	Ni(j)	ABi	Ni	j	Ki
1	П8(1)	0301	0510	35	1
2	П9(1)	0051(0301)	0105(0510)	27	1
3	П1(1)	0101(0031)	0116(0109)	16	1
4	П10(1)	0101(0031)	0115(0109)	56	1
5	8	0302	0510	9	9
6	10	0102(0032)	0115(0109)	36	9
7	9	0052(0302)	0105(0510)	57	9
...	...	...	...	...	...

где Ni(j) – код снятия j-того припуска с i-той поверхности; ABi – набор кодов, характеризующих наименование перехода (A – код наименования перехода, B – код вида перехода и его точности); Ni – код вида режущего инструмента и его размерной характеристики); J – код фрагмента управляющей программы для станков с числовым программным управлением; Ki – код распределения перехода в этап типовой схемы изготовления корпусной детали.

Хранение информации о маршруте обработки ФМ по второму методу организовано с помощью технологических регламентов обработки ФМ (табл. 1) или в удобном для человека виде.

Для автоматизации создания геометрической и информационно-технологической модели заготовки и готовой детали внутри этапов типовой схемы обработки разработана программа на языке Visual Basic for Applications под систему трехмерного

твердотельного моделирования Solid Works, позволяющая создавать трехмерные твердотельные модели необходимых ФМ методом адресации комплексного ФМ по заданной конфигурации и показателям качества обрабатываемой поверхности, а также синтезировать модель детали и технологическую схему ее обработки из ФМ и технологических регламентов обработки ФМ.

Так из комплексного ФМ можно легко получить частные ФМ (рис. 1), а из технологического регламента обработки комплексного ФМ (табл. 2) отбрасыванием переходов в зависимости от конфигурации конкретного перехода и показателей его точности – технологические регламенты их обработки.

При синтезе 3D-модели детали из ФМ (см. рис. 2-4), автоматически синтезируется перечень переходов, режущего инструмента и фрагментов управляющих программ станков с ЧПУ для обработки поверхностей внутри каждого этапа типовой схемы обработки, а также геометрическая форма заготовки (без литейных уклонов) и форму промежуточного состояния детали внутри этапов обработки.

Для синтеза маршрута обработки заготовки, прежде всего, необходимо распределить переходы обработки ФМ по этапам типовой схемы изготовления детали (код Ki технологического регламента). Типовая схема обработки является вариантом полного типового решения на начальном уровне проектирования. На основе анализа деятельности машиностроительных предприятий Витебской области, а также технологических регламентов обработки типовых представителей корпусных деталей доработана и развита типовая схема обработки деталей типа «Корпус».

Следует отметить, что объект производства, полученный в результате реализации предыдущего этапа, является заготовкой для последующего.

Для реализации методики синтеза маршрута обработки необходимо:

1. Для каждого этапа механической обработки построить модель заготовки, на которой будут выделены все обрабатываемые поверхности этапа и перенесены размерные связи и допуски относительных поворотов с чертежа детали. Такой подход необходим для того, чтобы уменьшить технологические размерные цепи.

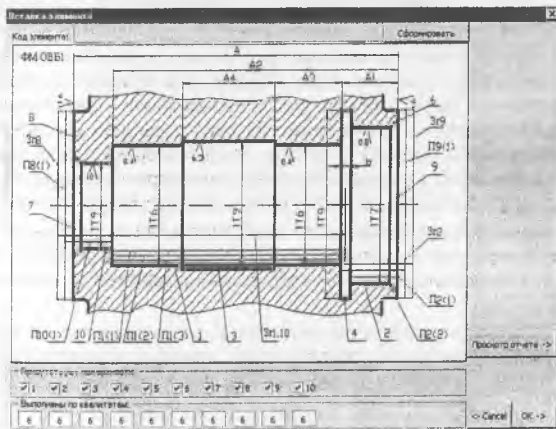


Рисунок 2 - Интерфейс задания конфигурации функционального модуля ФМ ОВБ 1

2. Сформировать графы размерных связей и графы угловых расположений обрабатываемых поверхностей по отношению к обрабатываемым поверхностям и угловым расположением обрабатываемых поверхностей по отношению к необрабатываемым для каждого этапа. На графах отражаются обрабатываемые и необрабатываемые поверхности внутри этапа. В качестве примера на рис. 5 представлен эскиз корпусной детали с нумерацией

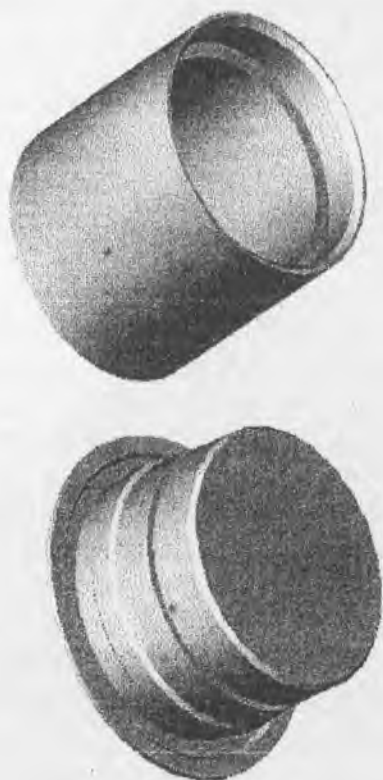


Рис. 3. 3D-модели частных случаев комплексных функциональных модулей ФМ ОВБ 1 и ФМ ОВБ 4

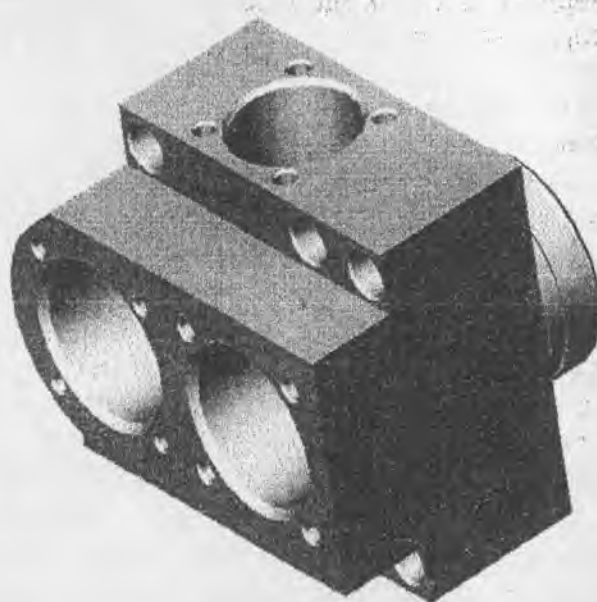


Рис. 4. Трехмерная твердотельная модель корпусной детали, синтезированной из ФМ образующих основные и вспомогательные сборочные базы, модулей креплений и объединительных модулей.

поверхностей и таблицей распределения поверхностей по этапам обработки, а на рис. 6 указанные графы для предварительного этапа.

Под графом угловых расположений понимается граф отражающий отношения перпендикулярностей и углов между поверхностями. Разработаны правила построения графа угловых расположений. Графы угловых расположений можно представлять в виде либо ориентированных связных графов (всего 2), либо несвязных оргграфов по трем координатным направлениям (всего 6). Очевидно, граф размерных связей детали по осям – есть граф, отражающий одновременно отношения параллельности между плоскостями и осями (допуск параллельности составляет часть допуска на размер).

На графах двойной окружностью обозначаются необрабатываемые (исходные) поверхности. Для отверстий и наружных цилиндрических поверхностей на графе отмечены только их оси, так как именно они участвуют в образовании комплектов технологических баз.

**3. Определить всевозможные комплекты проектных операционных технологических баз (ТБ) этапа.** Эти комплекты определяются с помощью совместного анализа указанных выше графов размерных связей и угловых расположений поверхностей.

Таблицы комплектов формируются следующим образом. Номер обрабатываемой

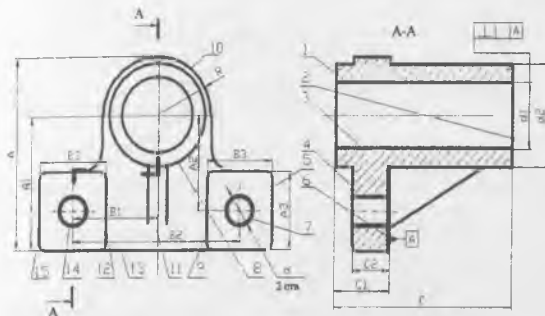
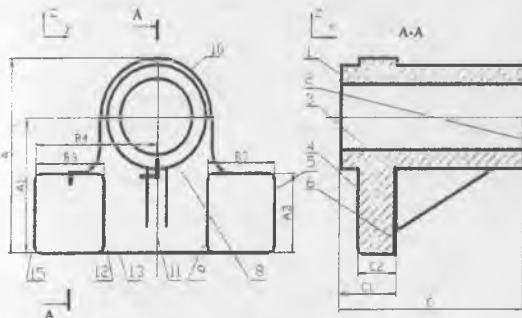


Рисунок 5 - Эскиз детали с нумерацией поверхностей и таблица распределения поверхностей по этапам обработки

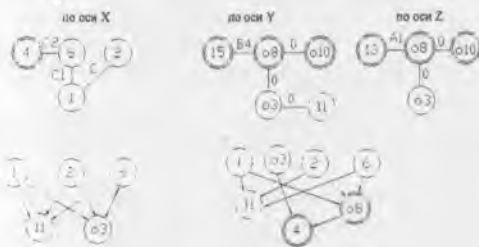
поверхности (или оси обрабатываемой поверхности ФМ) отыскивается на графе (по одной оси для плоской поверхности, по двум осям для оси) размерных связей. Определяются ее связи с другими ближайшими поверхностями на графах размерных связей. Для плоских поверхностей при



помощи графов угловых расположений комплект ТБ дополняется двумя поверхностями, для оси одной.

Так, например, для плоскости 2 предварительного этапа (Рис. 6) с помощью графов размерных связей по осям определяем поверхность 1 и дополняем ее до комплекта поверхностями 03 11 и 08 11с помощью графов угловых расположений.

4. Для первой операции этапа определить исходные ТБ. Их правильный выбор позволяет обеспечить задание чертежом относительное расположение обрабатываемых и исходных поверхностей этапа, а также обеспечить равномерность снятия припуска на поверхности. Для решения второй задачи в качестве



03	1	2	6
4-08-11	6-08-11	1-08-11	4-08-11
08-11-6	2-08-11	1-11-03	1-08-11
	6-11-03		1-11-03
	2-11-03		

Рисунок 6 - Модель заготовки для обработки на предварительном этапе, соответствующие графы и таблица комплектов для обработки поверхностей

комплекта баз на первой операции этапа принимаются именно те поверхности, на которых необходимо обеспечить равномерное распределение припуска.

Для решения первой задачи комплект ТБ на первой операции этапа состоит из поверхностей, обработанных на предыдущем этапе (или необрабатываемых вовсе для первой операции обработки) и необрабатываемых на данном этапе (исходные поверхности этапа). Таким образом в столбцах таблиц необходимо отыскать одинаковые комплекты, состоящие из исходных поверхностей этапов, для обработки наибольшего числа поверхностей (рис. 6 – 4 от 11).

Если исходных поверхностей нет (в данном случае чистовой этап), то в комплект баз на первой операции этапа выбирается аналогично (одинаковые комплекты для обработки разных поверхностей). От исходного комплекта необходимо стремиться обрабатывать главную поверхность ФМ образующего основного сборочную базу.

От комплекта исходных ТБ необходимо обработать соответствующие поверхности. Для предварительного этапа от 4-08-11 обрабатывается 6.

**5. Определить базы для обработки других поверхностей.** Для этого в столбцах таблиц отыскиваются одинаковые комплекты, состоящие из поверхностей обработанных от исходных ТБ. От этих комплектов также обрабатываются соответствующие поверхности. Для предварительного этапа от 6-08-11 обрабатывается 1, 03. В том случае, если возможно применение поворотных столов, то в «шапку» таблицы комплектов ТБ возможно вносить сразу несколько противоположных торцевых поверхностей.

С помощью методики назначения схемы базирования [4] можно легко определить вид компонента (установочная (тройная однонаправленная, направляющая (двойная однонаправленная) и т.д.) комплекта баз. А с помощью методики и программы структурного синтеза схемы установки на основе замены вида компонента комплекта технологических баз схемы базирования элементом схемы установки [5], обеспечивающим наложение на геометрическую модель заготовки необходимого числа связей, можно разработать теоретическую схему установки.

Все разработки отрабатываются на надежность в условиях ОАО «ВИЗАС», ОАО «ВПЗ» (г. Витебск), РУПП «Красный борец» (г. Орша).

#### Список использованных источников

1. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Понятие теории базирования при механической обработке // *Машиностроение*. – Мн., 2003. – Вып. 19. – С7-12.
2. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Технологические регламенты обработки функциональных модулей корпусных деталей // Рефераты докладов международной научно-технической конференции. В 2-х томах. Том I./Под редакцией Б.М. Хрусталева–Мн.: УП «Технопринт», 2003.–223с.
3. Беляков Н.В. Алгоритм формирования маршрута обработки типовых компонентов деталей машин // *Молодежь и наука на пороге 3 тысячелетия*. Мозырь: МГПИ им. Н.К. Крупской, 2001.– с.5-9.
4. Беляков Н.В., Жемчужный М.И., Махаринский Е.И. Достаточность задания допусков относительных поворотов на чертежах корпусных деталей и проблема синтеза схем базирования // *Вестник ВДУ*, 2002, №3(25). С. 118-123.
5. Беляков Н.В., Махаринский Е.И., Махаринский Ю.Е. Синтез схем установки заготовок корпусных деталей машин // *Машиностроение: Сб. научн. трудов*. Вып. 18. Под ред. И.П. Филонова – Мн.: УП «Технопринт», 2002 – с. 98-104.

#### Аннотация

Приводятся теоретические основы, формальные методики и описание программных продуктов для системно-структурного моделирования синтеза технологических процессов изготовления корпусных деталей машин на основе создания информационно-

технологической модели детали из параметрических функциональных модулей. С помощью методик можно: назначать вид компонентов (установочная, направляющая, опорная, двойная опорная и т. д.) комплекта операционных технологических баз; выработать рекомендации по оптимальному составу компонентов схемы установки; назначать маршрут обработки функциональных модулей и заготовок. Описаны источники сбережения ресурсов применения методик.

#### Summary

The theoretical fundamentals, formal techniques and exposition of software for system-structural simulation of synthesis of technological processes of manufacture of case details of machines are resulted on the basis of creation of informational - technological model of a detail from parametric functional modules. With the help of techniques is possible: to assign an aspect of components (setting, guiding, basic, resting, double guiding base and so on) package of operational technological bases; to work out the recommendations for optimum structure of components of the scheme of installation; to assign a route of handling of functional modules and preforms. The sources are circumscribed of the savings of resources of application of techniques.

УДК 66.021.3.

### ПРОЦЕССЫ ПЕРЕНОСА В СТРУЙНЫХ АППАРАТАХ

*Е.В. Сафронова, Г.Н. Абаев*  
 УО "Полоцкий государственный университет"

Струйные аппараты (СА) получили достаточно широкое распространение в промышленности за счет простоты и надежности устройства, осуществляя эжекцию за счет энергии технологических потоков. Последние десятилетия СА используются в биотехнологии для осуществления процессов теплообмена в неоднородных средах, обычно суспензиях, без каких либо специальных контактных устройств с целью создания увеличенной поверхности контакта фаз и интенсификации процессов переноса. Если теория струйных аппаратов как эжекторов достаточно хорошо разработана, то методы расчета струйных аппаратов для теплообмена, рассмотренные в литературе, представлены весьма ограничено.

Эффективность теплообмена в струйных аппаратах определяется поверхностью контакта фаз  $S$ , развиваемой при струйном аэрировании, которая локализуется в зонах ввода аэрированных струй и формируется из однородных пузырьков газа диаметром 3-4 мм. В отличие от поверхности контакта фаз, образуемой при барботаже, где по высоте подыема пузырей они сливаются, снижая общую поверхность и резко уменьшая время пребывания в газожидкостном слое, поверхность контакта фаз при струйном аэрировании остается достаточно однородной во всем объеме аэрированной струи в зоне ее диссипации. Формирование межфазной поверхности в СА целиком определяется закономерностями аэродинамики. Эффективность струйного аэрирования характеризуется коэффициентом эжекции:

$$K_e = \frac{Q_e}{Q_x} \quad (1)$$

где  $Q_e$  - объем эжектируемого газа, м<sup>3</sup>/ч;  $Q_x$  - объем эжектирующей среды, м<sup>3</sup>/ч.

Известно, что  $K_e$  увеличивается с ростом скорости эжектирующей среды. Эффективная эжекция с  $K_e > 1$  достигается при  $Re > 10^5$ . Попытка связать  $K_e$  с  $Re$  успеха