



**УТВЕРЖДАЮ**

Зам. директора ИПУ РАН,

к.ф.-м.н.

 Барабанов И.Н.

« 22 » марта 2019 г.

## **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ,**

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (ФГБУН ИПУ РАН) на диссертационную работу Кокорева Дениса Сергеевича «Разработка и исследование методов и программных средств вписывания многогранных трехмерных объектов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

### **Актуальность темы исследования**

Диссертационная работа Д.С. Кокорева посвящена актуальной проблеме нахождения оптимального взаиморасположения деталей в технической системе ограниченного объёма. В качестве модели технической системы рассматривается невыпуклый многогранник, а в качестве детали – вписываемый выпуклый многогранник. В рамках полученной математической модели задача далее сводится к задаче невыпуклой конечномерной оптимизации. Важным фактором, определяющим значимость научной работы диссертанта, является сложность возникающей задачи, как с точки зрения структуры описания реализуемой модели, так и с точки зрения доступной для использования алгоритмической и программно-аппаратной инфраструктуры. С теоретической точки зрения главным фактором, определяющим научную значимость работы, является подход к моделированию сложных 3D объектов при помощи системы нелинейных неравенств. Это подход, в частности, дает возможность эффективно вписывать многогранники в невыпуклые тела. Прикладная значимость работы определяется тем, что разработанная библиотека программ активно используется в ювелирной промышленности.

## **Достоверность и новизна основных результатов диссертации**

В рамках диссертационной работы предложен ряд оригинальных приёмов, позволяющих сформировать математическую модель, выписать возникающую задачу нелинейной глобальной оптимизации и разработать алгоритм её решения, реализовать разработанный инструментарий в виде библиотеки программ. Ставится задача вписывания выпуклого многогранника в невыпуклый, даются ключевые определения. Далее формулируется модель невыпуклого многогранника в виде двойного описания вершин и граней и предлагается способ вписывания в него выпуклого многогранника при помощи набора разделяющих плоскостей, и при этом проводится оценка количества требуемых разделяющих плоскостей. Такая формализация позволяет выписать модель в виде системы линейных и нелинейных неравенств. В рамках такого подхода был предложен ряд приёмов, среди которых можно отметить использование дополнительных переменных и разделяющих плоскостей для корректного моделирования невыпуклостей, а также расчет параметров, при расчете которых могут происходить комбинаторные перестройки, например, для почти симметричных многогранников. Использование этих методов позволяет решить практическую задачу вписывания многогранника с заданными ограничениями на симметричность. Подчёркивая теоретическую значимость диссертации, следует отметить, что предлагаемый в ней подход имеет схожие черты с методами Томаса Хейлса, которыми были решены такие задачи как гипотеза Кеплера и гипотеза додекаэдра Л.Ф. Тота. Можно надеяться, что этот метод может быть применен при решении других сложных задач дискретной геометрии. Наиболее перспективными областями, где это может быть применимо – исследование хиральных многогранников и почти симметричных многогранников.

## **Степень обоснованности научных положений и выводов, сформулированных в диссертации**

Автор корректно применяет методы математического моделирования, методы конечномерной оптимизации, методы комбинаторной геометрии и численные методы. При разработке инструментальных и прикладных решений используются современные технологии высокопроизводительных вычислений. Разрабатываемые решения соответствуют или превосходят современные



мировые достижения в данной области (что в т.ч. подтверждается автором в ходе проведения вычислительных экспериментов). Рассуждения и исследования, проводимые автором, обоснованы и последовательны.

Основные результаты диссертационной работы отражены в 10 работах, три из которых в изданиях из списка ВАК и две в изданиях, индексируемых в международной системе цитирования Scopus. Отдельные результаты работы обсуждались на российских и международных конференциях. Автореферат достаточно полно и правильно отражает содержание диссертационной работы.

### **Практическая значимость результатов диссертационной работы**

Автором разработана библиотека программ, которая может быть использована для решения широкого круга задач, связанных с вписыванием выпуклых многогранников в невыпуклые. На основе разработанной библиотеки создан программный комплекс для поиска оптимального бриллианта в алмазе. Программный комплекс включен в коммерческий продукт и применяется в 4 странах.

*Значимость для развития области:* Результаты диссертационной работы имеют существенное значение в областях математического моделирования и задач упаковки и раскроя. Автор формирует научно-технический задел, способствующий развитию указанных областей, в частности, предлагает эффективную математическую модель, позволяющую работать с трехмерными невыпуклыми многогранниками.

*Рекомендации по использованию результатов диссертации:* Результаты представленных исследований и разработок могут активно применяться при решении сложных задач дискретной геометрии, в частности задач упаковки. С использованием данного инструментария можно создавать гипотезы и оценки для поиска наиболее плотных упаковок и других экстремальных конфигураций, а также, частично получать доказательство оптимальности этих конфигураций. Результаты и выводы могут быть использованы в научно-практической работе в организациях ИПУ РАН, ИППИ РАН, ФИЦ ИУ РАН, МФТИ, НИУ ИТМО и др.

### **Замечания по работе**

Несмотря на высокий научно-технический уровень работы диссертация не свободна от замечаний. В частности, можно заметить следующее:

1. В диссертации недостаточно подробно описан способ получения начального приближения внутреннего многогранника, который по постановке геометрической задачи, описанной в главе 2.1.1., должен всегда находиться внутри внешнего многогранника.
2. В разделе 1.1.5 ошибочно написано, что задача Таммеса для  $N=16$  (точек) решена Олегом Мусиным и Алексеем Тарасовым в 2015 году. При этом дается ссылка на работу о решении задачи Таммеса для  $N=14$ . Насколько известно, 14 - максимальное число точек, для которых доказано, как выглядит оптимальное решение в этой задаче.
3. В разделе 4.5 в Таблице четыре, наряду с другими характеристиками разработанной автором программы, приводятся значения «прироста массы». Но остается непонятным, относительно чего отсчитывается этот прирост. Возможно, речь идет о других существующих программных средствах.

#### **Выводы по работе**

Указанные замечания в целом не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Диссертационная работа Кокорева Д. С. «Разработка и исследование методов и программных средств вписывания многогранных трехмерных объектов» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой представлены новые подходы, методы и технологии для решения важной проблемы вписывания трехмерного выпуклого многогранника в невыпуклый, имеющей существенное значение для разработки эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий. В работе приведены примеры предметных областей, в которых могут быть использованы разработанные приемы. Для одной из областей продемонстрировано успешное применение предложенных методов и подходов. Диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученых степеней кандидата технических наук, а ее автор Кокорев Денис Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических



наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Отзыв составлен 21.03.2019, обсужден и одобрен на расширенном семинаре Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН) (протокол №.2-03.19), на котором Кокоревым Д.С. докладывались результаты диссертационной работы.

Главный научный сотрудник  
ИПУ РАН, д.т.н., профессор



Бурков Владимир Николаевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова  
Российской академии наук (ИПУ РАН)

Россия, 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65

Телефон: +7 495 334-89-10

Факс: +7 495 334-93-40, +7 499 234-64-26

E-mail: mgoubko@mail.ru



Буркова В.Н.

