

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента доктора технических наук, профессора **А.М. Щипачёва** о работе **Н.Н. Голунова** «Развитие научно-методических основ применения противотурбулентных присадок для транспорта нефти и нефтепродуктов по магистральным трубопроводам» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности по специальности 2.8.5 «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ»

### **Общая научная направленность работы**

Диссертационное исследование Никиты Николаевича Голунова направлено на совершенствование проектирования и эксплуатации магистральных нефте- и нефтепродуктопроводов, использующих малые противотурбулентные присадки (ПТП). Такие присадки не изменяют свойств самой жидкости, однако воздействуют на структуру турбулентного течения в трубопроводе в направлении уменьшения гидравлического сопротивления и, следовательно, в направлении уменьшения затрат энергии на перекачку. В отличие от множества других исследований, посвященных противотурбулентным присадкам, автор рассматриваемой диссертации сосредоточил свои усилия на совершенствовании базовых технологий транспортировки нефти и нефтепродуктов по магистральным трубопроводам, на развитии теории и методов расчета параметров этих технологий, что позволило бы достичь поставленной цели при меньших энергетических затратах.

### **Актуальность темы диссертации**

Актуальность темы исследований обусловлена, прежде всего, техническим прогрессом, произошедшим за последние годы в области трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. Современные нефте- и нефтепродуктопроводы – это уже не те трубопроводы, которые существовали в 50-е - 70-е годы прошлого века, теперь они представляют собой сложные гидравлические системы, эксплуатация которых ведется в условиях систематической

смены режимов. К сказанному следует добавить фундаментальные научные открытия, сделанные в последние десятилетия, позволившие предложить новые более совершенные методы и средства транспортировки нефти и нефтепродуктов по трубопроводам, внедрить и использовать новые прогрессивные технологии перекачки, к числу которых относится и проблема перекачки нефте- и нефтепродуктопроводов с противотурбулентными присадками. Именно поэтому возникла потребность в обобщении существующих и создании новых методов гидравлического расчета магистральных трубопроводов, учитывающих появившиеся новшества. Докторская диссертация Н. Н. Голунова вносит существенный вклад в решение этой большой народно-хозяйственной проблемы, поэтому представленную работу следует считать актуальной.

#### **Основные научные положения, выносимые на защиту**

Автор выносит на защиту следующие научные положения и результаты:

1. Введение новой классификации ПТП, имеющей, по мнению автора, существенное значение для развития теории и практического применения: присадок поверхностного действия и присадок объемного действия.
2. Утверждение о том, что известная модель сдвиговой турбулентности Т. Кармана является добротной основой для исследования эффектов в турбулентных течениях жидкости с ПТП.
3. Оригинальный способ учета относительной эквивалентной шероховатости в предложенном им универсальном уравнении сопротивления на основе обобщенной модели Т. Кармана.
4. Предложение использовать результаты стендовых испытаний ПТП на трубных стендах и лабораторных приборах (различных реометрах, вращающихся дисках и т. п.) не столько для физического моделирования, сколько для определения универсальных констант, входящих в модель Кармана.
5. Основные разработки (постановка, формулы и уравнения) в теории щелевых дисковых реометров, а также ротационных приборах типа «сосуд в



сосуде», позволяющие корректно интерпретировать результаты экспериментов, в частности, адаптировать эти результаты для использования в промышленных трубопроводах.

6. Иная, отличная от традиционной, интерпретация результатов тестовых испытаний ПТП на дисковых реометрах.

7. Простой универсальный и достаточно стандартный метод расчета всех основных параметров перекачки (давлений, напоров, расходов, подпоров между промежуточными нефтеперекачивающими станциями, энергетические затраты на перекачку и т.д.).

8. Теория выбора оптимальных режимов транспортировки нефти по ТУ МН, состоящим из нескольких последовательных перегонов с различной протяженностью (и в общем случае, диаметрами) по критерию минимума количества используемой ПТП.

9. Открытый и защищенный патентом на изобретение ранее неизвестный эффект уменьшения объема и длины области смеси при обработке ПТП зоны контакта светлых нефтепродуктов (моторных топлив – бензинов, керосинов и дизельных топлив) противотурбулентной присадкой. А также метод расчета параметров последовательной перекачки нефтепродуктов с противотурбулентной присадкой, вносимой в область контакта транспортируемых нефтепродуктов.

### **Научная новизна работы.**

Известно, что противотурбулентные присадки способны существенно снизить гидравлическое сопротивление жидкости, текущей в трубопроводе, однако до настоящего времени отсутствовало единое понимание, как, куда и в каком объеме вводить конкретную присадку (а таких присадок к настоящему времени имеется великое множество) в жидкость, транспортируемую по сложной трубопроводной системе, разделенной к тому же на гидравлически зависимые технологические участки.

Научная новизна оппонируемой работы, по моему мнению, состоит в следующем:

- во внесении изменения в классификацию противотурбулентных присадок, разделив их на присадки поверхностного действия, изменяющие структуру турбулентного течения только вблизи стенок трубопровода, и присадки объемного действия, изменяющими структуру турбулентного течения во всем объеме течения;

- в новом оригинальном обобщении теории известного немецкого гидромеханика Т. Кармана, позволившем предложить логически стройный и научно-обоснованный подход к построению универсального уравнения, позволяющего вычислять коэффициент гидравлического сопротивления жидкости с внесенной в нее противотурбулентной присадкой после того, как такая присадка прошла тестирование на экспериментальном стенде по предложенному в диссертации регламенту;

- впервые предложенной новой интерпретации результатов тестирования противотурбулентных присадок на экспериментальных стендах, в том числе на трубных стендах и различных реометрах (в частности, с вращающимся диском), а также предложены новые системы для тестирования свойств ПТП и разработана соответствующая теория интерпретации и использования получаемых результатов;

- новыми являются практически все основные разработки автора по созданию универсальных методов гидравлического расчета технологических участков магистрального нефтепровода (ТУ МН) при транспортировке нефти с ПТП, позволяющих учесть комплекс конкретных условий перекачки и используемого оборудования;

- впервые предложены оригинальные методы выбора оптимальных режимов эксплуатации ТУ МН с полным или частичным использованием противотурбулентных присадок на всем технологическом участке или отдельных его перегонах;



- открыт (и защищен патентом) ранее неизвестный эффект уменьшения объема и длины области смеси при последовательной перекачке бензинов, керосинов и дизельных топлив) путем обработки ПТП области контакта партий нефтепродуктов; создана теория и необходимые методы расчета для практического использования открытого явления.

### **Практическая ценность**

Практическая ценность работы заключается в направленности всех выполненных исследований на решение конкретных задач трубопроводной практики. Кроме того, практически все исследования автора вошли в курсы дисциплины «Проектирование и эксплуатация магистральных нефтепроводов», читаемых студентам (бакалаврам и магистрам) РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина.

### **Критический анализ и достоверность научных положений, выдвинутых в диссертации**

1. Прежде всего, о предложенном автором разделении противотурбулентных присадок на присадки поверхностного и объемного действия в зависимости от того изменяет ли введение присадки в турбулентный поток известную постоянную, называемую константой Кармана. Это разделение весьма существенно, ибо, действительно, существуют и те, и другие присадки, требующие для своего описания различного подхода и различных тестовых испытаний. Могут только поддержать этот тезис соискателя.

2. У оппонента не имеется также возражений и против основного подхода к получению коэффициента гидравлического сопротивления жидкости, обработанной ПТП. Утверждение о том, что известная модель сдвиговой турбулентности Т. Кармана является добротной основой для исследования эффектов в турбулентных течениях жидкости с противотурбулентной присадкой выглядит логичной и достойной, поэтому не вызывает никаких возражений. Следовало бы лишь подчеркнуть, что сама идея впервые была вы-

двинута научным консультантом автора профессором М.В.Лурье. Однако автор диссертации, во-первых, достойно развил эту теорию, устранил допущенные в ней ошибки, привнес в эту идею так много нового и существенного, что по праву может считаться ее соавтором.

3-6. Внесенные новшества касаются, в частности, способа учета относительной эквивалентной шероховатости, а также в распространение обобщенной модели Т. Кармана на течения в дисковых и коаксиальных реометрах. Последнее позволило автору дать более правильную интерпретацию результатов тестирования присадок в дисковых реометрах. Автор показал, что частичное возрастание гидравлической эффективности ПТП, наблюдаемое в подобных приборах, связано не только с увеличением вращательного числа Рейнольдса, но и расширением области турбулентного течения между поверхностью диска и кожухом прибора. Поскольку для получения результатов автор использовал «высокий» математический аппарат без сокращений и упрощений, полученные результаты можно считать достоверными.

Оппонент согласен с предложением соискателя использовать результаты стендовых испытаний ПТП на трубных стендах и лабораторных приборах не для физического моделирования, а для определения универсальных констант, входящих в модель Кармана и последующего переноса результатов на трубопроводы. Ведь течения в дисковых реометрах не являются геометрически подобными течениям в трубах, поэтому нельзя отождествлять гидравлическую эффективность ПТП, полученную на дисковом приборе с ее гидравлической эффективностью в трубопроводе.

В порядке замечания могу лишь отметить, что здесь было бы вполне уместно последовательно изложить подобную методику переноса.

7-8. Научные положения 7 и 8 отражают те разделы диссертации, в которых автор применяет разработанные им теоретические новшества к расчетам параметров перекачки (давлений, напоров, расходов, подпоров между промежуточными нефтеперекачивающими станциями, энергетические затраты на перекачку и т.п.), то есть к технологиям перекачки. У оппонента нет воз-



ражений против изложенных методов. Более того, хотелось бы отметить виртуозное решение автором задачи о выборе оптимальных режимов транспортировки нефти по ТУ МН, состоящим из нескольких последовательных перегонов с различной протяженностью (и в общем случае, диаметрами) по критерию минимума количества используемой ПТП.

В другой задаче об оптимизации режимов перекачки нефти с ПТП содержится предложение заменить наиболее энергоемкие режимы перекачки нефти в так называемые «высокие» часы суток (с 7 утра и до 11 вечера) частичным использованием ПТП. Из-за многоставочных тарифов на электроэнергию такое предложение не кажется нереалистичным, однако оно проработано в диссертации недостаточно, хотя и подтверждено добротными расчетами. Считаю, что идея заслуживает внимания, однако ее практическая реализация требует дополнительной технологической проработки.

9. В последнем разделе диссертации автор излагает свое изобретение (защищенное патентом РФ) об уменьшении объема и длины области смеси, образующейся в области контакта бензинов и дизельных топлив при их последовательной перекачке по одному и тому же трубопроводу.

Ознакомившись с научной карьерой соискателя, оппонент должен отметить завидное постоянство его научных интересов и упорство в достижении цели. Занявшись транспортировкой нефти и нефтепродуктов с противотрубными присадками, соискатель оставался верным этому направлению в течение 20 лет. Если сам эффект, о котором идет речь, соискатель обнаружил, проверил экспериментами, и обосновал еще в кандидатской диссертации, то в докторской диссертации он разработал все технологические аспекты практического использования этого предложения, в частности, создал всю необходимую теоретическую и расчетную базу для его применения в трубопроводной практике. У оппонента осталось положительное впечатление о выполненных исследованиях.

Подытоживая сказанное, можно утверждать, что основные положения работы Н. Н. Голунова достоверны.

### **Замечания по работе**

1. В диссертации предложено разделение ПТП на присадки поверхностного и присадки объемного действия, но весь материал диссертации посвящен изучению лишь присадок поверхностного действия, к которым относятся малые полимерные добавки. Практически ничего не сказано о присадках объемного действия, характерным признаком которых является изменение значения константы Кармана.

2. В универсальном законе сопротивления интервал, в котором можно пренебречь шероховатостью стенок трубопровода (то есть считать трубу «гидравлически гладкой») определяется неравенством  $\varepsilon \text{Re} \sqrt{\lambda/8} > k_3(\theta)$ , в котором значение  $k_3 \approx 4,9$  установлено по результатам опытов Н. И. Никурадзе с жидкостями, не содержащим присадок. Неясно, сохранится ли это значение при введении присадки.

3. Во всех исследованиях автора температура транспортируемой нефти или нефтепродукта априори считается постоянной и ничего не сказано как будут изменяться гидравлическая эффективность присадок при изменении температуры несущей жидкости.

4. Во многих исследованиях автора не учитываются процессы активации и деградации ПТП. Понятно, что для участков трубопровода с относительно небольшой протяженностью пренебрежение этими процессами не скажется слишком сильно на результатах расчета, но при увеличении протяженности перегонов до 200 и более км не учитывать такие процессы нельзя.

5. Транспортируемая нефть моделируется вязкой несжимаемой жидкостью и ничего не сказано о тех ситуациях, когда такая нефть может проявлять неньютоновские свойства.

Сделанные замечания не снижают ценность выполненных исследований, тем не менее, указанные вопросы необходимо было бы разрешить.



## **Общая характеристика работы**

Диссертационная работа Н. Н. Голунова написана отличным языком, характеризуется четкостью и ясностью основных утверждений. Иллюстрации работы позволяют без труда понять работу тех объектов, о которых идет речь. Иллюстрации выполнены аккуратно, соответствуют общепринятым техническим правилам и используют общепринятые технические термины и обозначения. Практически все результаты автора достаточно полно опубликованы в научных изданиях, рекомендованных известным перечнем ВАКа, и не раз обсуждались на научно-практических конференциях и отраслевых совещаниях. Автореферат диссертации подготовлен так же с большой тщательностью. Заинтересованный читатель без труда может понять, о чем идет речь, какие утверждения выдвигает автор, как решаются поставленные задачи, какие результаты при этом получаются и какие рекомендации даются.

## **Заключение.**

Диссертация Н. Н. Голунова является завершенным научным исследованием, в котором решается важная научно-техническая задача интенсификации технологического процесса транспортировки больших объемов нефти или нефтепродукта по трубопроводам в различных условиях. Во-первых, когда требуется увеличить пропускную способность всего трубопровода или отдельных его участков при использовании имеющегося (установленного) оборудования. Во-вторых, или рабочие давления в стареющем трубопроводе при сохранении его пропускной способности на прежнем уровне. В-третьих, когда требуется обеспечить заданную пропускную способность трубопровода с меньшими энергетическими и материальными ресурсами. Результаты работы вылились частично в методики расчета и компьютерные программы, позволившие получить ряд принципиально значимых результатов, частично – в новые инженерные решения, защищенные патентами на изобретение.

Диссертация «Развитие научно-методических основ применения противотурбулентных присадок для транспорта нефти и нефтепродуктов по маги-

стральным трубопроводам» соответствует критериям, установленным в пп. 9-14 Положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, «Положения о присуждении ученых степеней ВАК Министерства науки и высшего образования РФ» утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 21.04.2016 г. №335 (пп. 9-14 п.32) и требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Никита Николаевич Голунов **заслуживает** присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.5 – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ».

Официальный оппонент  
профессор, заведующий кафедрой  
«Транспорт и хранение нефти и газа»  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский  
горный университет императрицы  
Екатерины II», д.т.н.,  
научная специальность 05.16.09  
Материаловедение (машиностроение)



Щипачев Андрей Михайлович

Я, Щипачев А.М., даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» (СПГУ, Горный университет)


Адрес организации: 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2

Телефон организации: +7(812)-328-82-00

e-mail: schipachev\_am@pers.spmi.ru

Подпись Щипачева А.М. заверяю





руководитель  
кабинета управления  
контроля документооборота

Е.А. Гришина

15 ЯНВ 2024