

Заключение диссертационного совета МГУ.011.5
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «9» июня 2023 г. № 18

О присуждении Канину Евгению Алексеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Асимптотические модели процессов массопереноса в задаче роста трещины гидроразрыва» по специальности 1.1.9 - «Механика жидкости, газа и плазмы» принята к защите диссертационным советом 20 апреля 2023 г., протокол № 18-П.

Соискатель Канин Евгений Алексеевич, 1995 года рождения, в 2022 году освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Соискатель работает научным сотрудником в проектном центре по энергопереходу и ESG Сколковского института науки и технологий.

Диссертация выполнена на кафедре гидромеханики механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научные руководители – доктор физико-математических наук, Осипцов Андрей Александрович, профессор, директор Проектного центра по энергопереходу и ESG Сколковского института науки и технологий; доктор физико-математических наук, профессор, Карликов Владимир Павлович, заведующий кафедрой гидромеханики механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Смирнов Николай Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, профессор кафедры газовой и волновой динамики механико-математического факультета, профессор кафедры

высокопроизводительных вычислений. Федеральный научный центр НИИ системных исследований РАН, заместитель директора;

Головин Сергей Валерьевич, доктор физико-математических наук, профессор РАН, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, профессор кафедры теоретической механики;

Турунтаев Сергей Борисович, доктор физико-математических наук, директор института динамики геосфер имени академика М.А. Садовского РАН;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 5 работ, из них 3 статьи, опубликованных, в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности.

1. Kanin E.A. et al. The near-tip region of a hydraulic fracture with pressure-dependent leak-off and leak-in / Kanin E.A., Garagash D.I., Osipov A.A. // Journal of Fluid Mechanics. – 2020. – Vol. 892. – Pp. A31-1-A31-34. – DOI: 10.1017/jfm.2020.193. – IF WoS: 4.245 (2.1 п.л. / авторский вклад 1.7 п.л.).

2. Kanin E.A. et al. A radial hydraulic fracture with pressure-dependent leak-off / Kanin E.A., Dontsov E.V., Garagash D.I., Osipov A.A. // Journal of the Mechanics and Physics of Solids. – 2020. – Vol. 143. – P. 104062. – DOI: 10.1016/j.jmps.2020.104062. – IF WoS: 5.582 (1.7 п.л. / авторский вклад 1.4 п.л.).

3. Kanin E.A. et al. A radial hydraulic fracture driven by a Herschel–Bulkley fluid / Kanin E.A., Dontsov E.V., Garagash D.I., Osipov A.A. // Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics. – 2021. – Vol. 295. – P. 104620. – DOI: 10.1016/j.jnnfm.2021.104620. – IF WoS: 3.112 (1.6 п.л. / авторский вклад 1.3 п.л.).

На диссертацию и автореферат поступило 3 дополнительных отзыва, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался компетентностью данных ученых в области механики жидкости, газа и плазмы, имеющимися у

них научными публикациями по теме диссертации и способностью определить научную и практическую значимость исследования.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получены новые научные результаты. В диссертации исследовано влияние трех гидродинамических факторов ((1) массообмена между трещиной и пластом при учете зависимости скорости массообмена от давления внутри канала трещины, (2) ламинарно-турбулентного течения «скользящей воды» внутри канала трещины, (3) вязкопластической реологии жидкости гидроразрыва) на распространение радиальной трещины гидроразрыва пласта. При учете гидродинамических факторов (1) и (2) также разработана асимптотическая модель, описывающая область трещины вблизи ее кончика. В основе указанной модели лежит рассмотрение трещины полубесконечной геометрии. Исследование воздействия гидродинамических факторов на распространение трещины гидроразрыва включало: выявление физических особенностей трещины, связанных с гидродинамическим фактором; построение решений для предельных режимов распространения трещины при помощи аналитических и численно-аналитических методов; построение карт режимов, отображающих границы применимости решений для предельных режимов, на основе их сопоставления с общим численным решением задачи; анализ изменений характеристик трещины в зависимости от определяющих параметров; нахождение областей в безразмерном параметрическом пространстве, внутри которых анализируемый гидродинамический эффект оказывает значительное влияние на распространение трещины и его необходимо учитывать при численном моделировании. Разработанные в диссертации модели радиальной трещины могут быть использованы в качестве эталонов для верификации численных симуляторов, а модели полубесконечной трещины могут быть внедрены в

качестве «критерия распространения» в модели трещины гидроразрыва конечной геометрии.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. При учете массообмена, зависящего от давления в трещине, образуется зона циркуляции поровой жидкости, примыкающая к кончику трещины. Давление жидкости на фронте трещины имеет конечное значение. Наблюдаются более интенсивные утечки в пласт вдоль основной части трещины конечной геометрии по сравнению с законом утечек Картера, при этом радиальная трещина оказывается более короткой и менее раскрытой. Учет массообмена, зависящего от давления, оказывает определяющее влияние на структуру решения вблизи кончика полубесконечной трещины, а наибольшее воздействие на характеристики радиальной трещины проявляется при больших значениях параметра эффективности.

2. При распространении трещины гидроразрыва конечной геометрии внутри трещины, как правило, существуют зоны и ламинарного, и турбулентного режимов течения. Ламинарная зона расположена вблизи кончика трещины, длина этой зоны увеличивается с течением времени. Турбулентный режим возникает вблизи нагнетательной скважины, он влияет на параметры радиальной трещины в начальный период распространения, причем интервалы времени, в течение которых профили раскрытия и давления отличаются от ламинарного решения, различны. Утечки в пласт продлевают воздействие эффектов турбулентности.

3. Вязкопластическая реология жидкости гидроразрыва способствует формированию недеформируемого ядра внутри канала трещины, объем этого ядра увеличивается с течением времени. Радиальная трещина, распространяющаяся под влиянием жидкости с пределом текучести, имеет меньший радиус и большее раскрытие по сравнению со случаем жидкости

гидроразрыва со степенной реологией. Воздействие вязкопластической реологии жидкости гидроразрыва на параметры радиальной трещины проявляется по прошествии конечного интервала времени от инициализации трещины.

На заседании 9 июня 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Канину Евгению Алексеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 16 докторов наук по специальности 1.1.9. - «Механика жидкости, газа и плазмы», участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета МГУ.011.5
доктор физико-математических наук, профессор

Осипцов А.Н.

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.011.5
кандидат физико-математических наук

Пелевина Д.А.

Подписи удостоверяю:
МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор физико-математических наук,
профессор, член-корреспондент РАН

Шафаревич А.И.

9 июня 2023 г.