

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ НАЧАЛЬНЫЙ УЧАСТОК В ПОЛЕ ДЕЙСТВИЯ МАГНИТНЫХ СИЛ

Копылов Станислав Владимирович к.т.н., доцент,

Национальный авиационный университет

Мамедов Асиман Низами Оглы аспирант

Яхно Олег Михайлович д.т.н., профессор

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Kopylov S.

National Aviation University

Mamedov A.

Yakhno O.

National Technical University of Ukraine “KPI”

Аннотация: статья посвящена исследованию поведения вязких и аномально-вязких жидкостей в магнитном поле. Как известно, наличие магнитного поля в потоке электропроводной жидкости приводит к появлению пондеромоторной силы, которую можно рассматривать как массовую. Проявление данной силы может привести к торможению (или ускорению) течения в зависимости от условий и характера течения. Весьма актуальным является исследование действия данной силы в области гидродинамического начального участка, где существенную роль играют силы инерции от конвективного ускорения. В зависимости от соотношения данных сил происходит формирование поля скоростей на начальном участке. Учитывая данные особенности, в работе предпринята попытка экспериментальной оценки влияния пондеромоторных сил на распределение скоростей в канале. При определении локальных скоростей использовался эффект Доплера, позволяющий в достаточной степени точности производить измерения локальных скоростей в фиксированных точках потока.

Ключевые слова: гидродинамический начальный участок, пондеромоторные силы, магнитное поле, вязкие и аномально – вязкие жидкости.

Решение задач, посвященных исследованию влияния электромагнитного поля на характер течения электропроводимых жидкостных сред является актуальным во многих случаях нестабилизированных течений. Как известно [2], нестабилизированное течение вязких или аномально – вязких жидкостей связаны с проявлением сил инерции от конвективного ускорения. В зависимости от проявления данных сил формируются поле скоростей и давлений в потоке, например, на гидравлическом начальном участке. В отличие от стоксовского течения потери давления в этом случае значительно больше за счет изменения по длине потока кинетической энергии [4], [5]. В данном случае особенный интерес вызывает нестабилизированное течение в электропроводимых жидкостях, когда наряду с силами инерции от конвективного ускорения действуют так называемые пондеромоторные силы, которые оказывают свое воздействие на жидкость со стороны электромагнитного поля. Данные силы следует отнести к массовым силам (силам Лоренца) и их можно определить в зависимости от напряженностей электрического и магнитного полей. Эффект проявления данных сил связан с решением различных задач гидродинамики (проблем фильтрации, торможение потока и т.п.). В настоящей работе предпринята попытка оценки воздействия этих сил на нестабилизированные потоки в области начального участка канала.

Исследования течения вязких и аномально-вязких жидкостей в поле действия сил инерции от конвективных ускорений до настоящего времени посвящено достаточно большое количество работ [1], [2], [3], [4], [5]. Это может быть обусловлено широким применением на практике режимов нестабилизированного течения, то есть условий течения на гидродинамическом начальном участке в рабочих узлах и элементах машин и аппаратов как химического машиностроения, так и нефтяной и газовой промышленности. Особенности таких течений, как известно [5], является характер движения жидкости в трубах и каналах при условии деформации поля скоростей и напряжений вдоль потока. Данная деформация поля скоростей приводит к дополнительным затратам энергии, что выражается в нелинейности зависимости изменения давления по длине потока. Таким образом, потери давления на начальном участке несколько выше, чем на участке стабилизированного течения. Как показано в работе [2], перепад давления по длине начального участка обычно представляется как сумма перепада давления для стабилизированного течения и дополнительного перепада давления,



который характеризует действие сил ускорения, необходимых для обеспечения непрерывного потока, когда частицы жидкости от внешнего края канала внутрь, то есть сглаживается наличием между скоростями u_1 and u_2 [2]. Изменение кинетической энергии, рассчитанной по данным скоростям, может осуществляться в основном за счет давления. Изменение давления, таким образом, и объясняет дополнительные потери давления на начальном участке по сравнению с участком стабилизированного течения.

Как показано в работе Ж. Адольфи [26] общее представление об особенностях движения жидкости на начальном участке можно представить следующим образом. Во входных сечениях движение частичек жидкости, движущихся вдоль стенок канала замедляется в следствии трения в связи с тем, что часть жидкости перемещается к центру трубы (канала). В связи с этим проявляется ускорение центральной части потока. Данное ускорение центральной части потока определяется проявлением дополнительного перепада давления. Давление и кинетическая энергия могут в соответствии с уравнением Д. Бернулли преобразовываться друг в друга. Торможение потока у боковых стенок также вызывает повышение давления. Движение жидкости от стенок канала к середине потока происходит в начале достаточно быстро, а затем (в конце начального участка) замедленно. Поток ассиметрически приближается к конечному состоянию, соответствующему стоксовскому течению. В связи с этим, полная потеря давления на начальном участке может быть определена по формуле

где $\Delta p_{\text{доп}}$ — дополнительные потери давления за счет проявления сил инерции от конвективного ускорения.

Вместе с тем на величину $\Delta p_{\text{доп}}$ помимо указанных ранее причин могут влиять и другие факторы, в частности условия теплообмена в потоке и действия магнитного поля, то есть действия пондеромоторных сил.

При решении конкретных задач практической гидродинамики возникает необходимость прогнозировать, а иногда и управлять величиной данного дополнительного давления. На практике наиболее часто возможность управлять (или регулировать) давление на начальном участке осуществляют с помощью теплового потока [4] или магнитного поля [6]. Исследования влияния теплоотдачи связано с наличием термического начального участка, размеры которого могут существенно отличаться от участка гидродинамического. Структура потока и взаимодействия характеристик термического и гидродинамического начальных участков достаточно полно описано в работе Б. С. Петухова [4], где даны решения и обобщен материал о влиянии температуры на формирование потока на гидродинамическом начальном участке. В работах [22], [23], [24], [25] приведены решения задач неизотермического течения на начальном участке. Так, в исследованиях Д. Н. Роу [22] показано, что область нестабилизированного течения на начальном участке может быть представлена тремя участками: участка развитого гидродинамического слоя; области потока развитого течения; области, ограниченной величиной разности длин гидродинамического и термического начальных участков. Вызывает большой интерес работа Е. Б. Кристиансена [27], связанная с влиянием температурного поля на поле скоростей и давлений при течении неньютоновских жидкостей типа Пауэлла – Эртринга.

Таким образом, анализ подобного типа работ дает возможность сформулировать представление о влиянии теплового потока на параметры гидродинамического начального участка.

Эффектным, или как представлено в работе [7] “элегантным средством для управления потоком текучей среды в микроустройствах без необходимости механических компонентов” является магнитное поле.

Как показано в работах [8], [9] для гидродинамического начального участка при течении электропроводящих жидкостей на жидкость действуют пондеромоторные силы

[8] или так называемые силы Лоренца, где \mathbf{j} и \mathbf{E} - соответственно плотность тока и напряженность электрического поля, а \mathbf{H} - напряженность магнитного поля. В случае плоского ламинарного течения система уравнений, определяющая потери давления по длине начального участка, записывается следующим образом



где (x, y) - декартова система координат, \dots - определяется из закона Ома.

По сравнению с соответствующими уравнениями движения для начального участка при отсутствии магнитного поля, данные уравнения отличаются дополнительным членом в правой части первого из уравнений системы. По данным, приведенным в работе [2], магнитная сила приводит к изменению скорости и имеет “усиливающее влияние на скорость потока и сопротивление”.

Таким образом, на течение жидкости в области нестабилизированного течения действует так называемая пондеромоторная сила \dots , определяемая из выражения [8] \dots , где \mathbf{j} и \mathbf{E} - соответственно плотность тока и напряженность электрического поля, а \mathbf{H} - напряженность магнитного поля.

Проявление действия этой силы связано с длиной гидродинамического начального участка и соотношения между этой силой и силой инерции от конвективного ускорения. Действие данной силы сказывается на перепаде давления на начальном участке, так называемый эффективный градиент давления в этом случае складывается из трех составляющих: градиента давления, связанного со стабилизированным течением; градиентом давления, характеризуемого действием сил инерции от конвективного ускорения; градиентом давления, связанного с проявлением пондеромоторных сил, то есть имеем

На рисунке 1 представлена схема, характеризующая перепад давления на начальном участке в поле действия пондеромоторных сил.

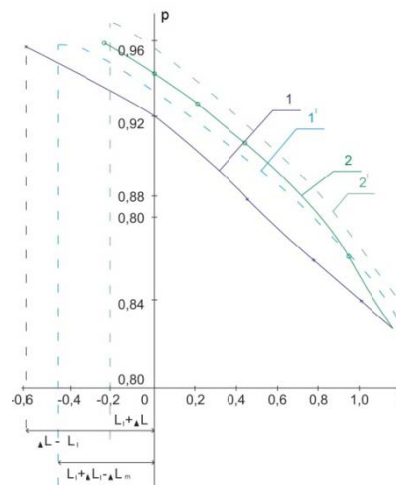


Рис. 1. - 3% водный раствор карбоксиметилцеллюлозы при отсутствии и наличии поперечного магнитного поля
- 1,5% водный раствор поливинилового спирта при отсутствии и наличии поперечного магнитного поля

Таким образом, для рассматриваемого случая перепад давления может рассматриваться как сумма следующих составляющих (при ламинарном течении):

где \dots - составляющие, характеризующие влияние сил инерции от конвективного ускорения и пондеромоторных сил, характеризующие влияние магнитного поля.

Представленные эффекты действия магнитного поля проанализированы с использованием экспериментального стенда, дающего возможность определять перепад давления на начальном участке канала и измерять локальные скорости в потоке. На основании полученных кривых изменения давления по длине начального участка был сделан вывод об увеличении длины начального участка в зависимости от величины пондеромоторной силы \dots .



Следует отметить, что появление эффекта магнитной пластичности при наличии магнитного поля приводит не только к существенной корректировке гидродинамических параметров начального участка. Как показали исследования, проведенные Р. Паллабазером [22], он может существенно влиять на процесс теплообмена. По его данным, магнитное поле может "управлять" теплообменом, действуя противоположно динамическому градиенту давления. Как показали предварительные исследования, магнитное поле в плоском канале может оказывать существенное влияние на длину термического начального участка. В этом случае критериями, характеризующие длину начального участка могут быть обобщенное и магнитное числа Рейнольдса, число Гартмана (Ha), критерий Вайссенберга (W), критерий Нуссельта (Nu) и критерий Прандтля (Pr). Например, при действии поперечному течению магнитного поля длина начального участка может быть определена зависимостью:

при отсутствии эластичности

при отличном от нуля коэффициенте эластичности —

где — —.

Существенное влияние на длину гидродинамического начального участка оказывают условия входа потока в канал. Достаточно сложный вид имеет эпюра скоростей на входе в канал за местным сопротивлением (внезапное сужение). По данным исследований Тютчева И.И. [11] перед сужением может (особенно это относится для неньютоновских жидкостей) возникнуть система вихреобразований (рис. 2). Опыты показали, что наличие на этом участке пограничного магнитного поля приводит к гашению вихрей и переходу к потоку с плавными траекториями на входе в узкую часть канала, а следовательно, и к значительному изменению эпюры скоростей на входе. Данный эффект подтверждают результаты исследований влияния магнитного поля на поток, представленные в работе Калиса Х. Э., Цинобера А. Б., Штерна Л.Г. и Щербинина Э. В. [10].

На рисунке 2б показано, в какой степени магнитное поле может влиять на интенсивность вихреобразования. Как видно из рисунка, влияние магнитного поля в плоско – щелевом канале может существенно изменить условие входа потока в зону гидродинамического начального участка.

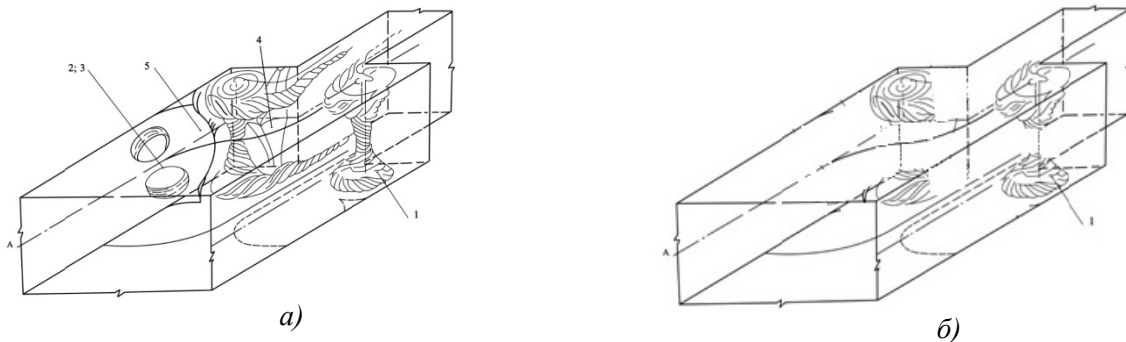


Рис. 2. (а, б). а) Схема вихреобразования, составленная на основе метода фотосъемки потока в области внезапного сужения: 1 - главный вихрь, 2 и 3 - вторичные вихри, 4 - торцевая "застойная зона", 5 - боковая "застойная зона"

б) Структура потока после воздействия на него поперечного магнитного поля

Исследование влияния магнитного поля на ламинарный поток осуществлялось с использованием лазерного метода измерения скоростей. Измерение скорости осуществлялось в соответствии со следующей схемой (рис. 3).

Оптический луч от квантового генератора ЛГ - 79 - 1, который обеспечивает длину волны 0,65 мкм, делится в призме на два луча с одинаковой интенсивностью. Луч фиксируется в определенной точке потока с помощью объектива. Разница излучения определяется другим объективом. Определяемый на установке доплеровский сигнал, частота которого переводится в скорость. На рис.3 в качестве примера представлены полученные данным методом эпюры скоростей при наличии и при отсутствии магнитного поля. Исследования проводились в плоско – щелевом канале при наличии постоянного магнитного поля. В качестве используемой жидкости использовался водно – солевой раствор поливинилового спирта. Как видно из рис. 4, наличие магнитного поля способствует



формированию более заполненной эпюры скоростей, что подтверждается представленным в работе [2] проявлением эффекта магнитной пластичности.

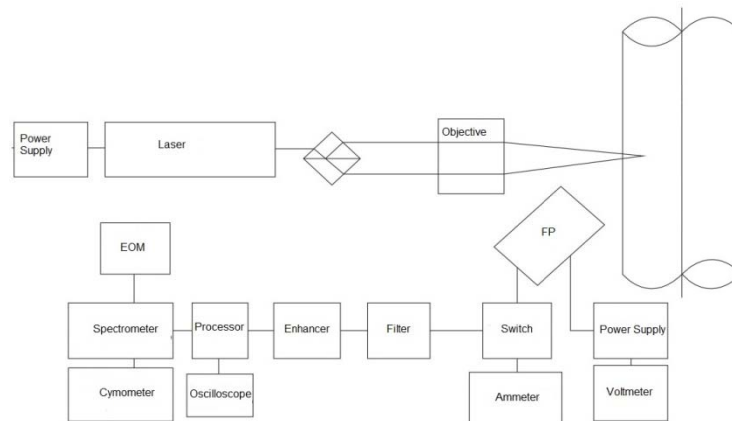


Рис. 3. Схема, характеризующая метод измерения скорости на начальном участке канала

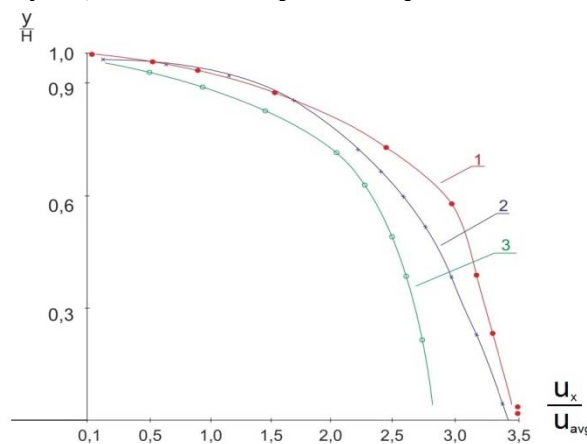


Рис. 4. Распределение скоростей по сечению щелевого канала (16x32 мм) при течении раствора полимера ($n=0,76$): 1 – при отсутствии влияния магнитного поля; 2 – при наличии магнитного поля при числе Стюарта ($S = 1,7$) — ; 3 – при наличии магнитного поля при числе Прантля ($Pr = 2,1$) —

Вывод

Как показано в настоящей работе, нестабилизированное течение вязких и аномально-вязких жидкостей характеризуются действием следующих массовых сил: сил инерции от конвективного ускорения и пондеромоторными силами, имеющих магнитную природу. В зависимости от соотношений этих сил и интенсивности магнитного поля может быть различной длина гидродинамического начального участка. Для случая течения электропроводной жидкости длина начального участка является функцией не только числа Рейнольдса, но и числа Гартмана. Как показали экспериментальные исследования с использованием эффекта Доплера, поперечное магнитное поле может существенно влиять на деформацию эпюры скоростей, что подтверждается результатами приведенными ранее исследованиями других ученых. В результате эксперимента также подтвердился эффект, обнаруженный Х. Э. Калисом, А. В. Цинобером, А. Г. Штерном, Э. В. Щербининым в работе [10], связанный с гашением вихреобразований с помощью магнитного поля, что особенно важно при исследовании гидродинамического начального участка за местными сопротивлениями типа внезапное расширение и внезапное сужение.

Список литературы

1. Тарг С.М. Основные проблемы ламинарных течений, "Теоретическая литература", М-Л, 1951, 420 стр.
2. Яхно О.М., Матиега В.М., Кривошеев В.С. Гидродинамический начальный участок, "Зелена Буковина" Черновцы, 2004, 143 стр.
3. Торнер П. Теоретические основы переработки полимеров, «Химия», М, 1967, 464 с.



4. Петухов Б.С. Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении жидкости в трубах. Энергия, М, 1967, 411 с.
5. Тябин Н., Тентовский Е. Неньютоновский поток флюида в начальном участке цилиндрической трубы, Труды Казанского института химии, н. 12, Казань, 1964, с. 189-195
6. Ватагин А., Любимов Г., Регирер С., Магнитогидродинамический поток в каналах
7. Ш. Цянь, Хайм Х. Бау, Микрофлюиды на основе магнитной гидродинамики, Механика. 2009 1 января; 36 (1): 10-21. Doi: 10.1016/j.mechrescom.2008.06.013.
8. Илюшин А., Механика сплошных сред, МГУ, 1971, 247 с.
9. Х. Ч. Венг, Гидродинамическое моделирование доставки целевых магнитных частиц в кровеносном сосуде, J Biomech Eng 135 (3), 034504 (11 февраля 2013 г.) (5 страниц)
10. Калис Х., Цинобер А., Штерн А., Щербинин Е., Обтекание круглого цилиндра с электропроводящей жидкостью в поперечном магнитном поле, Зинатне, Рига, 1965, с. 18-28.
11. Дэвид М. Аллин, Марек Чошняк, Хью К. Ричардс, Джон Д. Пикард, София Х. Чосная, Исследование гидродинамических свойств нового MRI-устойчивого программируемого гидроцефалического шунта, Cerebrospinal Fluid Research 2008
12. Кевин Д. Сейберт, Марк А. Бернс, Влияние гидродинамической и магнитной стабилизации на адсорбцию в псевдооживленном слое, Прогресс в биотехнологии, 1998 г.
13. К. С. Коулман, Дж. В. Бикнелл, Jet with entrained clouds - I. Гидродинамическое моделирование и структура магнитного поля, Mon. He. R. astr. Soc. (1985) 214, 337-355
14. Камински М., Улеманн К.Ф., Блейхер М., Шаффнер-Белич Дж. Аномальная гидродинамика возбуждает нейтронные звезды. ArXiv: 1410.3833, 2014
15. Лукас А., Гидродинамический перенос в сильно связанных неупорядоченных квантовых теориях поля. New J Phys 17: 113007, 2015
16. Ройчоудхари Д., Магнитопроводимость в киральной гидродинамике Лифшица. J High Energy Phys 2015 (9): 145, 2015
17. Садофьев А., Исаченков М., Киральный магнитный эффект в гидродинамическом подходе. Phys Lett B 697: 404-406, 2011
18. Моленкамп Л., Моленкамп Л., де Йонг М., Гидродинамический поток электронов в проволоках с высокой подвижностью. Phys Rev B Condens Matter 51 (19): 13389-1340, 1995
19. Приципи А., Виньяле Дж, Нарушение закона Видемана-Франца в гидродинамических электронных жидкостях. Phys Rev Lett 115 (5): 056603, 2015
20. Андреев А., Кивельсон С., Спивак Б., Гидродинамическое описание транспорта в сильнокоррелированных электронных системах. Phys Rev Lett 106 (25): 256804, 2011
21. Йенсен К., Гидродинамика без энтропийного течения. Phys Rev Lett 109 (10): 101601, 2012
22. Рой Д. Н., Ламинарный теплообмен в начальном участке равномерно нагретой трубки, Теплоперенос, №3, 1965
23. МакМорди Э., Численное решение задачи теплообмена при ламинарном течении жидкости в круглых трубах под действием осевой теплопроводности и развивающихся полей температуры и скорости, Теплоперенос, №1, 1967
24. Лейбензон Л., Изменение температуры вдоль трубопровода в установившемся тепловом и гидравлическом режимах, Сб. Работ, №3, 1955
25. Фест Ф., Теплообмен ламинарного потока и поток жидкости для жидкостей с вязкостью, зависящей от температуры, Paper Amer. Soc. Mex. Enges., 1967
26. Adolphi G., Die geschwindig reitoverteilung underturbulenten rohrstrumung, I. Chem. Technik, 1955, №6 p. 324 – 333
27. Кристиансен Е., Гордон Е., Фэн - Шунг Тай, Ламинарный поток передачи тепла, A.J.Ch.E. Journal, №6, 1966

References

1. Targ S.M. Osnovnyye problemy laminarnykh techeniy, "Teoreticheskaya literatura", M-L, 1951, 420 str.
2. Yakhno A.N., Matiyege V.M., Krivosheyev V.S. Gidrodinamicheskii nachal'nyy uchastok, "Zelenaya Bukovina" Chernovtsy, 2004, 143 stp.
3. Torner P. Teoreticheskiye osnovy pererabotki polimerov, «Khimiya», M, 1967, 464 s.
4. Petukhov B.S. Teploobmen i soprotivleniye pri laminarnom techenii zhidkosti v trubakh. Energiya, M, 1967, 411 s.
5. Tyabin N., Tentovskiy Ye. nen'yutonovskikh potok flyuid v nachal'nom uchastke tsilindricheskoy truby, Trudy Kazanskogo instituta khimii, n. 12, Kazan', 1964, s. 189-195.
6. Vatagin A., Lyubimov G., Regirer S., Magnitogidrodinamicheskii potok v kanalakh
7. SH. Tsyann', Khayme KH. Bau, Mikroflyuidy na osnove magnitnoy gidrodinamiki, Mekhanika. 2009 1 yanvarya; 36 (1): 10-21. Doi: 10.1016/j.mechrescom.2008.06.013.
8. Pyushin A., Mekhanika sploshnykh sred, MGU, 1971, 247 s.
9. KH. CH. Veng, gidrodinamicheskoye modelirovaniye dostavki tselevykh magnitnykh chastits v krovenosnyye sosude, J Biomech Eng 135 (3), 034504 (11 fevralya 2013 g.) (5 stranits).



10. Kalis KH., Tsinnober A., Shtern A., Shcherbinin Ye., *Obtekaniye kruglogo tsilindra s elektroprovodyashchey zhidkost'yu v poperechnom magnitnoye pole*, Zinatne, Riga, 1965, s. 18-28.
11. Devid M. Allin, Marek Choshnyak, KH'yu K. Richards, Dzhon D. Pikard, Sofiya KH. Chosnaya, *Issledovaniye gidrodinamicheskogo svoystv novogo MRI-ustoychivogo programmiruyemogo gidrotsefalicheskogo shunta*, Cerebrospinal Fluid Research 2008.
12. Kevin D. Seybert, Mark A. Berns, *Vliyaniye gidrodinamicheskoye i magnitnoy stabilizatsii na adsorbtsii na psevdoozhizhennom sloye*, Progress v biotekhnologii, 1998 g.
13. K. S. Koulmen, Dzh. V. Biknell, *Jet with entrained clouds - I. gidrodinamicheskoye modelirovaniye i struktura magnitnogo polya*, Mon. NE. R. astr. Soc. (1985) 214, 337-35514. Kaminski M., Ulemann K.F., Bleykher M., Shaffner-Belich Dzh. *Anomal'naya gidrodinamika vzbuzhdayet Neytronnyye zvezdy*. ArXiv: 1410.3833, 2014.
15. Lukas A., *Gidrodinamicheskii perenos v sil'no svyazannykh neuporyadochennykh kvantovykh teoriyakh polya*. New J Phys 17: 113007, 2015.
16. Roychoudkhary D., *Magnitoprovodimost' v kiral'noy gidrodinamiki Lifshitsa*. J High Energy Phys 2015 (9): 145, 2015.
17. Sadof'yev A., Isachenkov M., *Kiral'nyy magnitnyy effekt v gidrodinamicheskom podkhode*. Phys Lett B 697: 404-406, 2011.
18. Molenkamp L., Molenkamp L., de Yong M., *Gidrodinamicheskii potok elektronov v provolokakh s vysokoy podvizhnost'yu*. Phys Rev B Condens Matter 51 (19): 13389-1340, 1995.
19. pritsipakh A., Vin'yale Dzh Narusheniye zakona Videmana-Frantsa v gidrodinamicheskom elektronnykh zhidkostyakh. Phys Rev Lett 115 (5): 056603, 2015.
20. Andreyev A., Kivel'son S., Spivak B., *gidrodinamicheskoye opisaniye transporta v sil'nokorrelirovannykh elektronnykh sistemakh*. Phys Rev Lett 106 (25): 256804 2011.
21. Yyensen K., *Gidrodinamika bez entropiynogo techeniya*. Phys Rev Lett 109 (10): 101601, 2012
22. Roy D. N., *laminarnyy teploobmen v nachal'nom uchastke ravnomerno nagretoy trubki*, Teploperenos, №3, 1965.
23. MakMordy E., *Chislennoye resheniye zadachi teploobmena pri laminarnom techenii zhidkosti v kruglykh trubakh pod deystviyem oseyoy teploprovodnosti i razvivayushchikhsya poley temperatury i skorosti*, Teploperenos, №1, 1967.
24. Leybenzon L., *Izmeneniye temperatury vdol' truboprovoda v ustanovivshemsya teplovykh i gidravlicheskikh rezhimakh*, Sb. Rabot, №3, 1955
25. Fest F., *Teploobmen laminarnogo potoka i potok zhidkosti dlya zhidkostey s vyzkost'yu, zavisyashchey ot temperatury*, Paper Amer. Soc. Mekh. Enges., 1967.
26. Adolphi G., *Die geschwindigkeit reitoverteilung underturbulenten rohrstrumung*, I. Chem. Technik, 1955, №6 p. 324 – 333.
27. Kristiansen Ye., Gordon Ye., *Fen - Shunga Tay, laminarnyy potok peredachi tepla*, A.J.Ch.E. Journal, №6, 1966.

ГІДРАВЛІЧНА ПОЧАТКОВА ДІЛЯНКА В ПОЛІ ДІЇ МАГНІТНИХ СИЛ

Анотація: стаття присвячена дослідженню поведінки в'язких і аномально-в'язких рідин в магнітному полі. Як відомо, наявність магнітного поля в потоці електропровідної рідини призводить до появи пондеромоторної сили, яку можна розглядати як масову. Прояв цієї сили може призвести до гальмування (або прискорення) потоку в залежності від умов і характеру потоку. Дуже актуальним є вивчення впливу цієї сили в області гідродинамічної початкової ділянки, де істотну роль грають сили інерції від кон'юнктивного прискорення. В залежності від співвідношення даних сил відбувається формування поля швидкостей на початковій ділянці. З огляду на дані особливості, в роботі зроблено спробу експериментальної оцінки впливу пондеромоторних сил на розподіл швидкостей в каналі. При визначенні локальних швидкостей використовувався ефект Доплера, що дозволяє в достатньо точно проводити вимірювання локальних швидкостей у фіксованих точках потоку.

Ключові слова: гідродинамічна початкова ділянка, пондеромоторні сили, магнітне поле, в'язкі та аномально - в'язкі рідини.

HYDRAULIC INITIAL SECTION IN THE MAGNETIC FORCE FIELD

Summari: this article is dedicated to investigation of behavior of viscous and anomalously viscous liquids in a magnetic field. It is known that presence of a magnetic field in flow of electrically conducting liquid leads to the appearance of a ponderomotive force, which can be considered as a mass force. Manifestation of this force can lead to inhibition (or acceleration) of the flow, depending on conditions and nature of the current. Also study of action of given force in the area of hydrodynamic initial section, where inertial forces from conjunctive acceleration play very important role is really relevant. Depending on ratio of these forces, velocity field is formed at the initial section. Considering these features, in this article was made an attempt to experimentally evaluate influence of ponderomotive forces on velocity distribution in channel. In determining of local velocities, the Doppler effect was used, which makes it possible to measure local velocities at fixed points of the flow to a sufficient degree of accuracy.

Keywords: hydraulic initial section, ponderomotive forces, magnetic field, viscous and anomalously viscous liquids.