электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

УДК 628.33

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО ПОДВОДА ОЧИЩАЕМОЙ НА РАБОТУ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА

Агалакова Н.А., *студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»

Научные руководители: Девисилов В. А., к.т.н, доцент,
Шарай Е.Ю., ассистент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
E9@mx.bmstu.ru

Существующие темпы роста промышленности способствуют увеличению производства масел, что в свою очередь способствует росту количества отработанных масел. Смазочные материалы широко используются в технике и промышленности для снижения коэффициента трения и износа поверхности трущихся деталей в узлах трения различных машин и механизмов. Общая масса минеральных масел, поступающих в отходы в течение года во всем мире, оценивается в 40 млн. т., из них только 20 млн. т. собирается, а подвергается переработке не более 2 млн. т., что составляет не более 5% от количества образующихся отходов[4]. Неутилизированные отработанные масла наносят огромный ущерб окружающей среде, загрязняя воду, воздух и почву.

Переработка и вторичное использование отработанных смазочных материалов экономически целесообразна и способствует снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду. Выход качественных вторичных масел из отработанных составляет 60-80%, в то время как при переработке сырой нефти выход товарных масел не превышает 10% [4].

Для восстановления отработанных масел могут применяться различные технологические операции, основанные на физических, физико-химических, химических процессах, главной целью которых является удаление из масла продуктов износа, старения, сгорания и загрязнений. Для очистки от твердых примесей широкое распространение получили физические методы, основанные на обработке масла в силовом

поле под действием гравитационных, центробежных и реже электрических, магнитных и вибрационных сил, а также метод фильтрования.

Наиболее простым и дешевым способом отделения твердых частиц является отстаивание, но данный метод имеет низкую эффективность. Очистка масел в поле действия центробежных сил более эффективна, но требует больших затрат времени и энергии.

Широко применяется метод фильтрования отработанных масел, который позволяет отделить дисперсные частицы различных размеров. Данный метод основан на пропускании очищаемой жидкости через пористую перегородку. Загрязнения накапливаются на поверхности фильтровальной перегородки и в порах, вследствие чего снижается ее пропускная способность и растет гидравлическое сопротивление. При очистке сильнозагрязненных жидкостей процесс забивания фильтровальной перегородки быстр, а процесс ее регенерации очень сложен.

Очень часто в аппаратах для очистки отработанных смазочных материалов используют сочетание нескольких физических методов, что позволяет повысить эффективность очистки и уменьшить размеры аппарата. Так, для очистки масел может применяться метод гидродинамического фильтрования. Данный метод позволяет снизить перепад давления на фильтровальной перегородке, повысить тонкость очистки, предохранить фильтрэлемент от засорения за счет саморегенерации.

Принцип гидродинамического фильтрования заключается в том, что жидкость пропускают через вращающуюся фильтровальную перегородку, при этом часть очищаемого потока перепускается вдоль фильтровальной перегородки, что способствует саморегенерации поверхности фильтровальной перегородки, частично частицы загрязнений отбрасываются к периферии за счет действия центробежных сил.

Упрощенная схема гидродинамического фильтрования представлена на рисунке 1. Частица диаметром d участвует в двух движениях: вдоль поверхности фильтровальной перегородки со скоростью продольного потока $v_{пр}$ и параллельно оси ячейки. Если результирующая скорость центра тяжести O_1 частицы направлена в момент соприкосновения со стенкой поры таким образом, что линия действия этой результирующей пройдет выше точки А, то возникает момент вырывающий частицу из поры. Если линия действия результирующей скорости будет ниже точки А, - частица пройдет через фильтровальную перегородку.[3] Таким образом, при гидродинамическом фильтрованиии возможно отделение частиц, диаметр которых меньше диаметра пор фильтровальной перегородки.

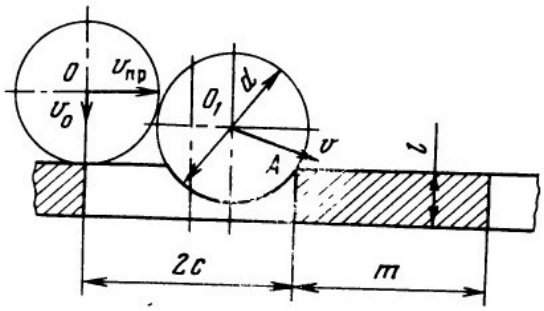

Рис. 1. Схема гидродинамического фильтрования: c – радиус поры; m – кратчайшее расстояние между порами; d – диаметр частицы; $v_{пр}$ – скороть продольного потока; v_0 – скороть поперечного потока; v – скороть центра тяжести частицы; l – толщина фильтрующего материала [3]

Чем выше скорость закрутки потока, тем выше эффективность сепарации частиц центробежным механизмом, что позволяет существенно снизить нагрузку на фильтровальный материал. Одним из способов закрутки потока является тангенциальный подвод жидкости.

Основной задачей исследования было изучение влияния тангенциального ввода очищаемого потока в гидродинамический фильтр на эффективность очистки. Для решения данной задачи было проведено компьютерное моделирование течения жидкости в фильтре в программном комплексе ANSYS CFX.

Рассмотренная схема гидродинамического фильтра приведена на рисунке 2. Вход загрязненного масла производится через входной патрубок *1* под углом к корпусу фильтра *2*. За счет подвода отработанного масла под углом происходит закрутка потока, что положительно влияет на эффективность очистки. Вращательное движение масла вблизи фильтровальной перегородки *4* способствует удалению частиц загрязнений с ее поверхности. Очищенная жидкость отводится через кольцевой канал. Концентрат отводится через патрубок *3*.

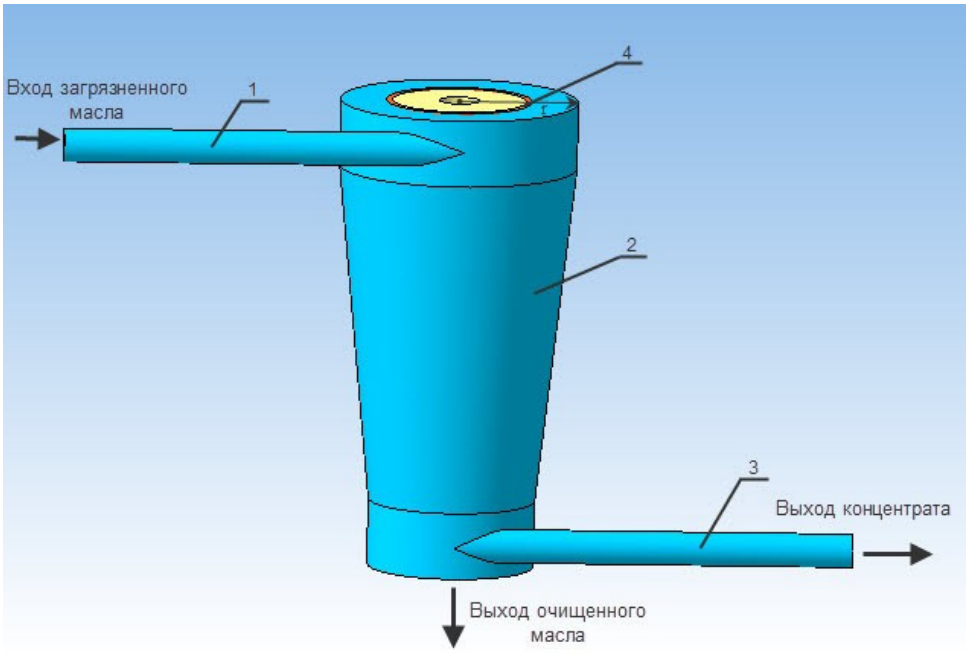

Рис. 2. Схема гидродинамического фильтра: 1 - входной патрубок; 2 - корпус фильтра; 3 - патрубок выхода концентрата; 4 - фильтровальная перегородка, r - радиус

Расчет был произведен для фильтра в случае неподвижной и вращающейся фильтровальной перегородкой. Были заданы следующие параметры очищаемой среды:

Плотность масла

Вязкость масла $\nu = 0{,}15$ Па · с

Было произведено компьютерное моделирование процессов, протекающих в гидродинамическом фильтре при расходе масла от 5 до 15 л/мин, при этом расход очищенной жидкости был принят равным 85% от входного расхода, а расход перепускаемого потока 15% соответственно.

На рисунках 3 и 4 представлены линии тока жидкости в фильтре при расходах 5 л/мин и 15 л/мин соответственно, при этом фильтровальная перегородка неподвижна. Как видно на рисунке 3, при малом расходе на входе загрязненного потока масла в фильтр образуются вихри, которые отрицательно влияют на эффективность очистки. При заданных размерах и фильтра и параметрах фильтрования при малом расходе закрутка потока происходит малоэффективно.

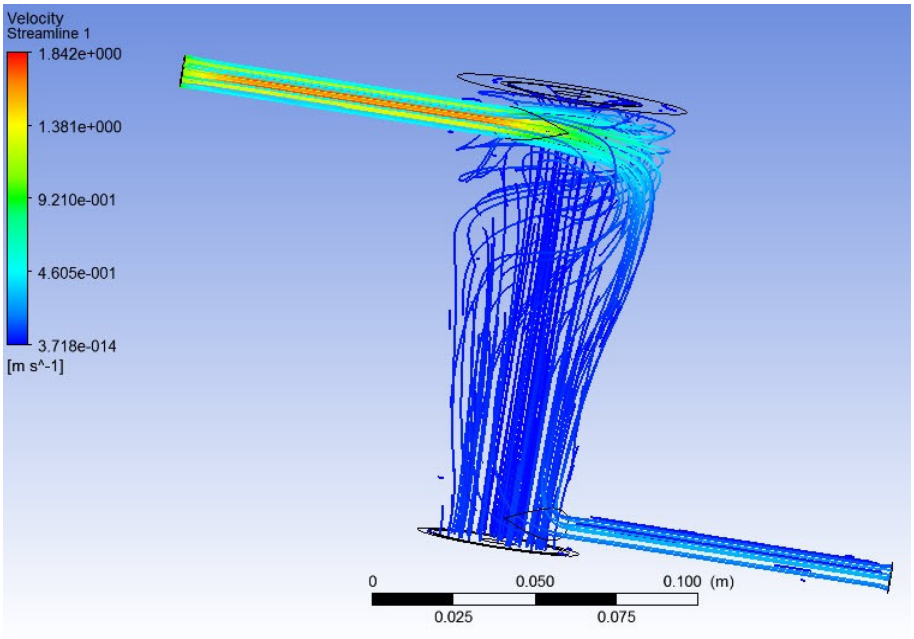

Рис. 3. Линии тока в гидродинамическом фильтре при неподвижной фильтровальной перегородке, расход масла через фильтр 5л/мин

При увеличении расхода закрутка потока на входе в фильтр происходит более эффективно, что способствует лучшей работе гидродинамического фильтра. На рисунке 4 видно, что при расходе 15 л/мин вихри на входе загрязненной жидкости в фильтр не образуются.

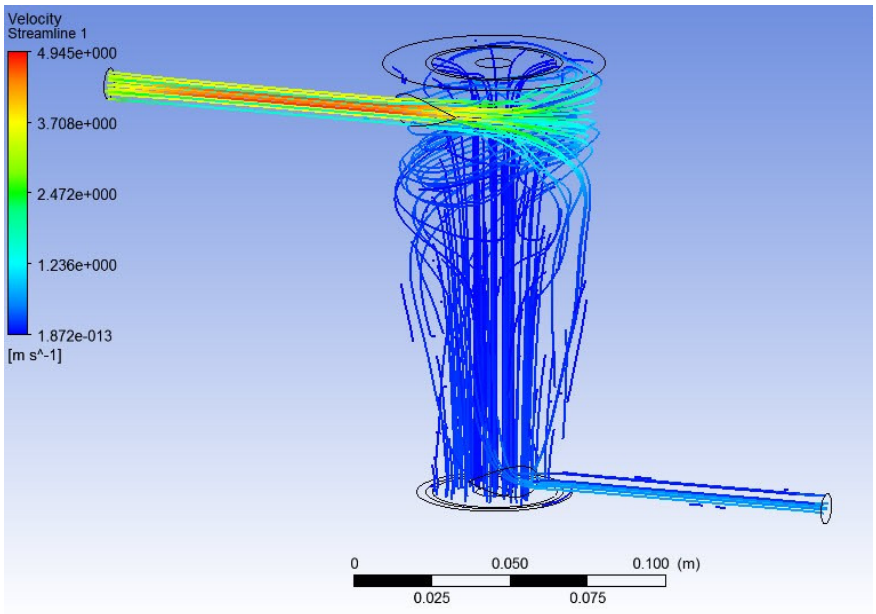

Рис. 4. Линии тока в гидродинамическом фильтре при неподвижной фильтровальной перегородке, расходе масла через фильтр 15л/мин

Для количественной оценки эффективности закрутки потока в гидродинамическом фильтре были построены графики распределения скоростей в фильтре от радиуса. Расчет радиальной скорости и скорости перепускаемого потока был произведен в точках, расположенных на контрольных прямых изображенных на рисунке 5.

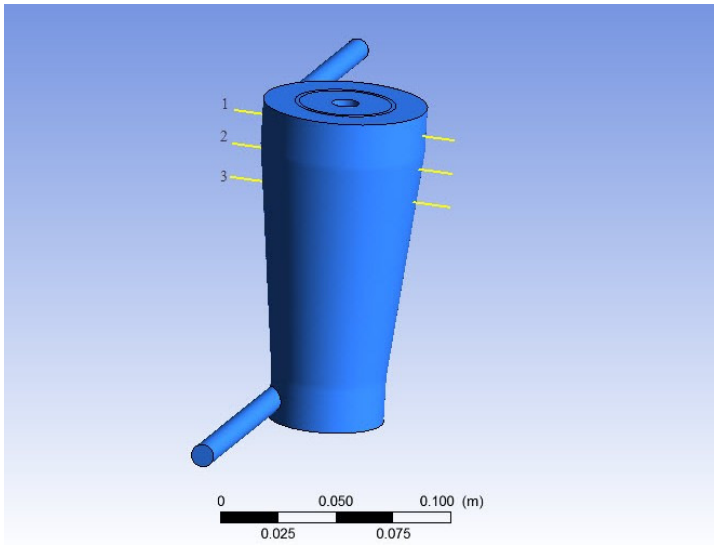

Рис. 5. Расположение контрольных прямых: 1 – прямая на высоте 0,01 м, 2 – прямая на высоте 0,025м, 3 – прямая на высоте 0,04м

Как видно на рисунке 6 с увеличением расхода радиальная скорость в зазоре между стенкой фильтра и фильтровальной перегородкой возрастает. При достаточной большой радиальной скорости вблизи фильтровальной перегородки частицы загрязнений будут отбрасываться от поверхности фильтровальной перегородки за счет действия центробежных сил. Проанализировав распределения радиальных скоростей можно сделать вывод, что за счет тангенциального подвода движение жидкости происходит по спирали, при этом радиальная скорость достаточно высока.

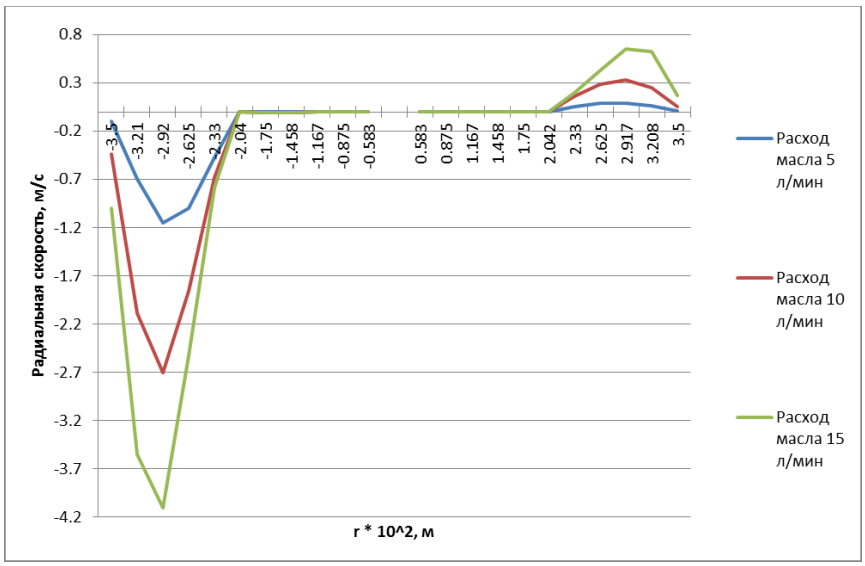

Рис. 6. Распределение радиальной скорости от радиуса на высоте 0,01м (контрольная линия 1) при неподвижной фильтровальной перегородке

Большое влияние на эффективность работы гидродинамического фильтра оказывает скорость перепускаемого потока. Чем выше скорость перепускаемого потока, тем выше вероятность того, что частицы загрязнений будут смыты с поверхности фильтровальной перегородки. Таким образом, эффективность саморегенерации напрямую зависит от скорости перепускаемого потока. На рисунке 7 представлено распределение скорости перепускаемого потока от радиуса. Следует отметить, что скорость перепускаемого потока нелинейно зависит от расхода жидкости в фильтре.

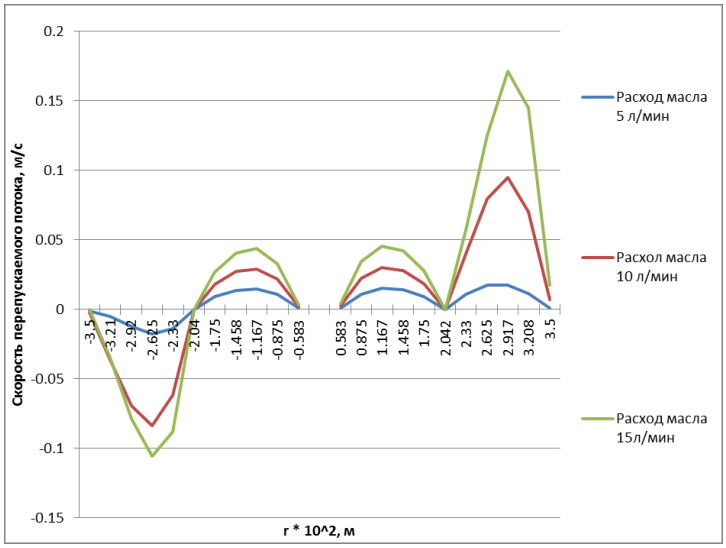

Рис. 7. Распределение скорости перепускаемого потока от радиуса на высоте 0,025 м (контрольная линия 2) при неподвижной фильтровальной перегородке

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при расходах от 10 до 15 л/мин закрутка потока за счет тангенциального ввода в случае неподвижной фильтровальной перегородки происходит эффективнее, чем при более низких расходах. При этом достигаются достаточно высокие скорости перепускаемого потока, что способствует саморегенерации фильтровальной перегородки, а, следовательно, и повышению эффективности работы гидродинамического фильтра.

Аналогично было рассмотрено влияние тангенциального подвода очищаемой жидкости при вращающейся фильтровальной перегородке. Скорость вращения фильтровальной перегородки была принята равной 600 об/ мин. Следует отметить, что очистка отработанных масел в гидродинамическом фильтре с вращающейся фильтровальной перегородкой происходит эффективнее, чем в фильтре с неподвижной фильтровальной перегородкой. На рисунке 8 показаны линии тока в гидродинамическом фильтре при расходе масла 10 л/мин. Вращение фильтровальной перегородки оказывает большое влияние на движение масла в фильтре.

Анализ полученных результатов показал, что как при малых, так и при достаточно высоких расходах (10-15 л/мин) вблизи входного патрубка образуются вихри, что может оказывать негативное влияние на эффективность работы фильтра. Вихреобразование связано с разностью скоростей масла на входе в фильтр и вблизи вращающейся фильтровальной перегородки.

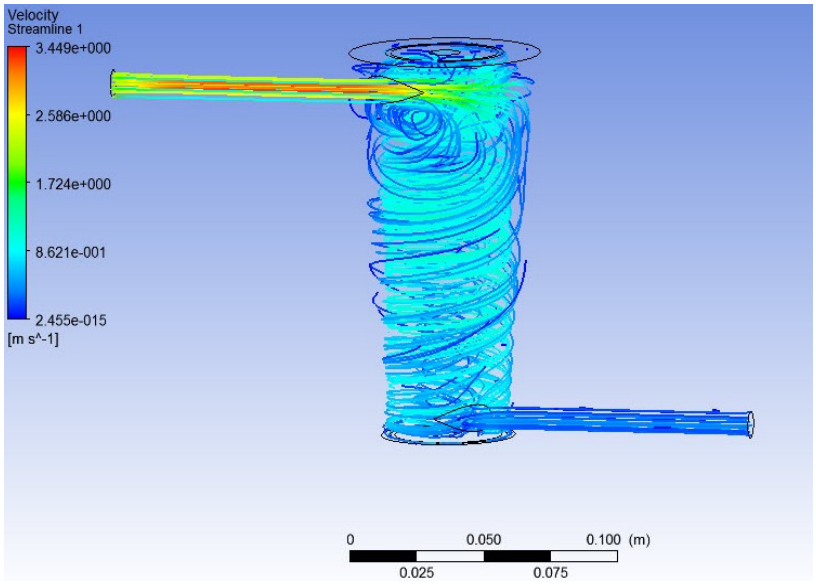

Рис. 8. Линии тока в гидродинамическом фильтре при вращающейся фильтровальной перегородке, расход масла через фильтр 10л/мин

Для количественного анализа влияние тангенциального подвода на эффективность очистки были построены графики распределения радиальной скорости от радиуса. Как видно на рисунке 9 большое влияние на радиальную скорость имеет вращение фильтровальной перегородки. В зазоре между стенкой фильтра и фильтровальной перегородкой при увеличении расхода в несколько раз радиальная скорость изменяется лишь на десятые доли м/с. Следовательно, применение тангенциального подвода при вращающейся фильтровальной перегородке практически не оказывает влияние на радиальную скорость в гидродинамическом фильтре.

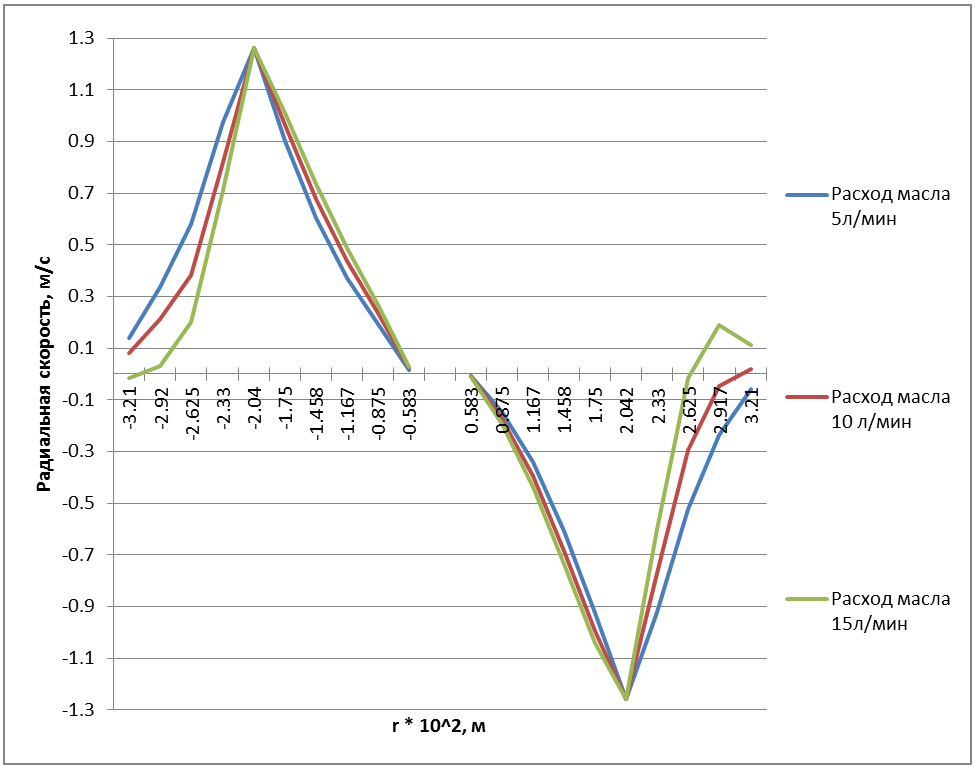

Рис. 9. Распределение радиальной скорости от радиуса на высоте 0,04м (контрольная линия 3) при вращающейся фильтровальной перегородке

Проанализировав рисунок 10, на котором представлена зависимость скорости перепускаемого потока от радиуса фильтра при различных расходах, можно заметить, что при вращающейся фильтровальной перегородке при малых расходах саморегенерация фильтровальной перегородки будет происходить лучше.

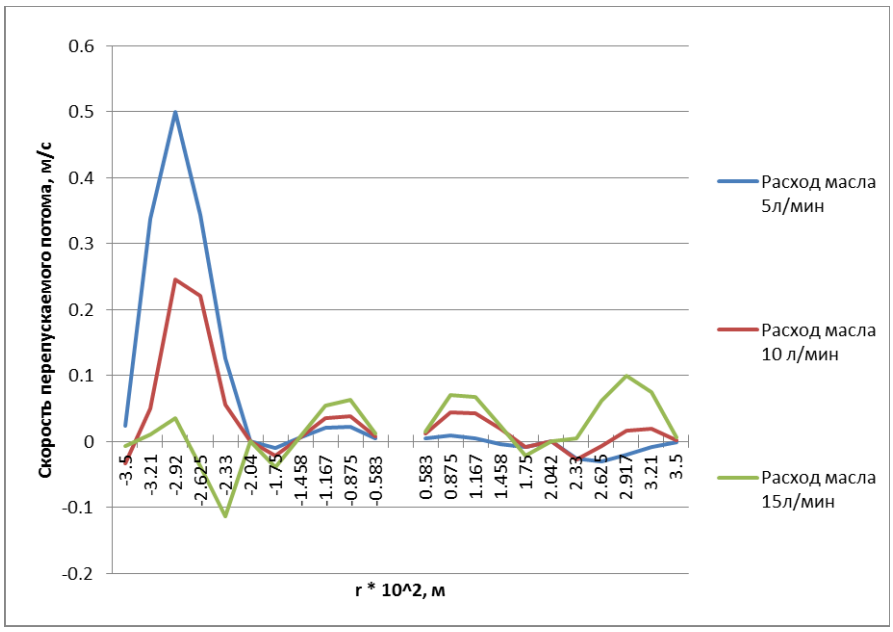

Рис. 10. Распределение скорости перепускаемого потока от радиуса на высоте 0,025 м (контрольная линия 2) при вращающейся фильтровальной перегородке

Таким образом, можно сделать следующие выводы: 1. При неподвижной фильтровальной перегородке тангенциальный ввод очищаемой жидкости повышает эффективность работы гидродинамического фильтра. При этом, чем выше расход масла в фильтре, тем лучше происходит закручивание потока. 2. При применении тангенциального подвода при вращающейся фильтровальной перегородке необходим дополнительный расчет целесообразности его применения.

Список литературы

1. Девисилов В.А., Шарай Е.Ю. Моделирование течения неньютоновской жидкости вблизи вибрирующей фильтровальной перегородки гидродинамического фильтра // Безопасность в техносфере. 2010. № 5. С. 23
2. Мочалин Е.В., Мочалина И.Г. Эффективность сепарации взвешенных примесей вращающимся фильтроэлементом // Вестник НТУ “ХПИ”. 2011. № 10. С. 3.
3. Финкельштейн З.Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин. М.: Недра, 1986. 255 с.
4. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т.3. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. 1024с.
5. Девисилов В.А., Шарай Е.Ю. Гидродинамика течения реологически сложной жидкости в самоочищающемся фильтре // Теоретические основы химической технологии. 2012. Том 46, № 6. С. 631-638.