Например, приняв $r_к$ = 1,0 м, $r_д$ = 0,8 м, M = 1,0 Н·м, угол поворота колеса α =1,0 рад, получаем, что путь, пройденный колесом, равен $r_к$α = 1,0 м, а $P_{ко}$ = $M/r_д$ = 1,25 Н,. Механическая работа крутящего момента колеса равна 1,0 Дж, а механическая работа полной окружной силы – 1,25 Дж, что на 25 % больше механической работы, выполненной крутящим моментом. Учет потерь энергии в материале шины (составляющий, между прочим, всего несколько процентов) ничего не меняет, так как эти потери являются одной из составляющих, на которые можно разложить механическую работу полной окружной силы.

Результаты экспериментов тоже подтверждают неправомерность применения динамического радиуса в теории качения эластичного колеса [4].

Литература

1. Балакина Е.В., Сергиенко И.В. Применение разных радиусов колеса в задачах моделирования свойств активной безопасности автомобилей // *Автомобильная промышленность*. 2019. №5. С. 16-19.
2. Петрушов В.А., Шуклин С.А., Московкин В.В. Сопротивление качению автомобилей и автопоездов. М.: Машиностроение, 1975. 224 с.
3. ГОСТ 17697-72. Автомобили. Качение колеса. Термины и определения. М.: Госстандарт. 1973. 24 с.
4. Пожидаев С.П. Шкаровский Г.В. Экспериментальное исследование механической модели эластичного колеса // *Автомобільний транспорт,* вып.44. 2019. С. 21-29.

Роговий Андрій Сергійович, д.т.н., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, asrogovoy@ukr.net
Яссір Бай, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВПЛИВ КОНФУЗОРА НА ГІДРОДИНАМІЧНІ ПАРАМЕТРИ ЗАКРУЧЕНОГО ЗАТОПЛЕНОГО СТРУМЕНЯ

В багатьох гідравлічних пристроях виникає необхідність використання енергії закрученого струменя: вихорокамерні нагнітачі [1], турбіни [2, 3], насоси [4], циклони [5]. Найчастіше закручений потік або викидається зовні, або використається неповною мірою за рахунок напрямних апаратів. З іншої сторони, використання класичних методів спрямування потоків мають недоліки під час їх використання для закручених течій. Навіть, застосування конфузора приводить до виникнення «вихрового ефекту конфузора» [6]. Складність розрахунку та відсутність загальної теорії виникнення ефектів обертових потоків приводить до необхідності нових розрахунків під нові параметри потоку [7]. Загалом існують два підходи до досліджень обертових потоків: експериментальний та розрахунковий за допомоги обчислювальної гідродинаміки. Але під час оптимізації параметрів течії найкращим способом є

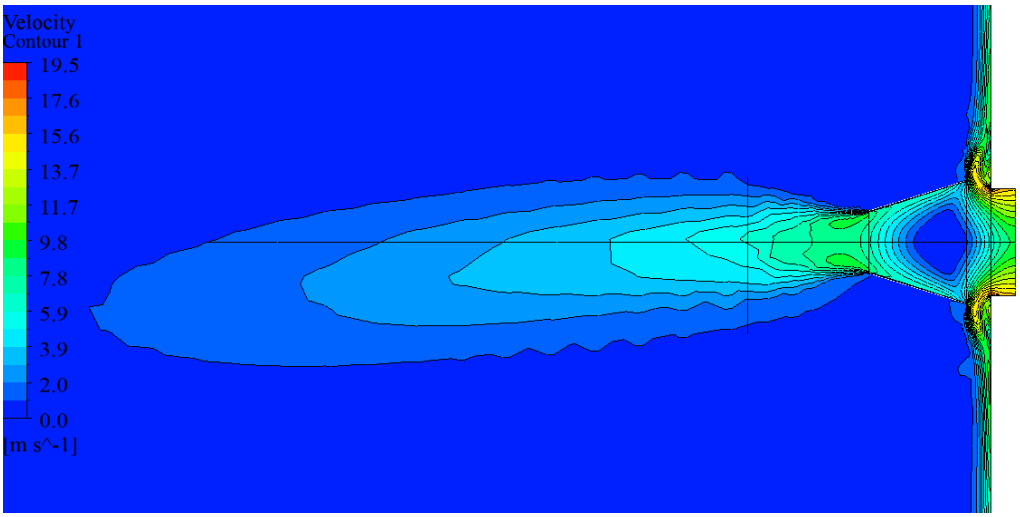
CFD-розрахунки з подальшою перевіркою адекватності експериментальними дослідженнями [8].

Робота конфузора на закручених течіях, на даний час, залишається майже не дослідженою. У вихрових апаратах є потреба у визначенні впливу основних параметрів течії на можливість збереження енергії закрученого потоку й її використання в подальшому. Це й стало метою даних досліджень.

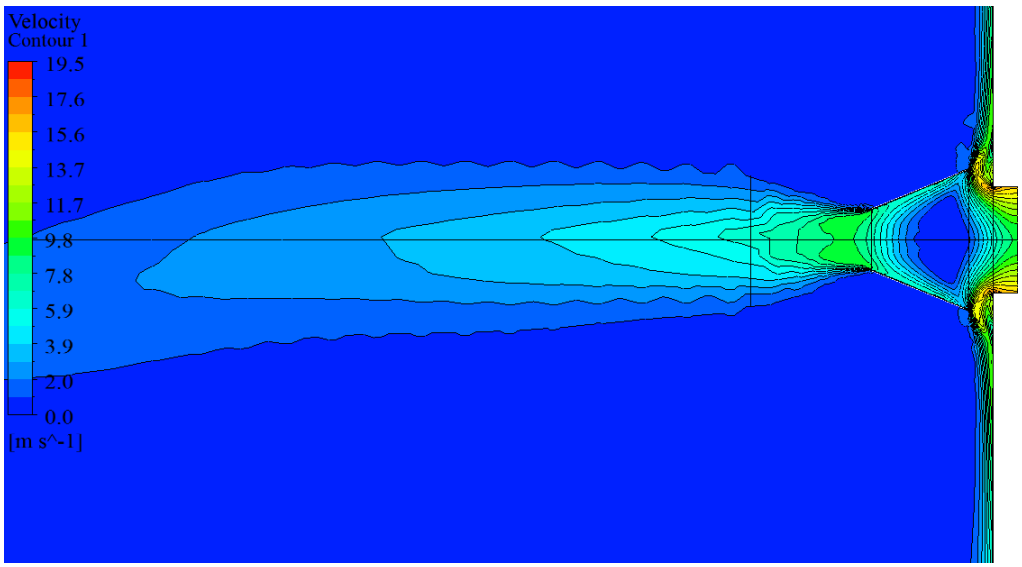
За визначенням, конфузор – це напірна труба, що звужується за течією. Для прямоспрямлених потоків, рух рідин у конфузорі супроводжується збільшенням швидкості і падінням тиску. Опір конфузора при рівних геометричних співвідношеннях завжди менший, ніж у дифузорі. Закручена течія значно впливає на зазначені вище висновки, отримані на прямо спрямлених потоках, внаслідок зміни тиску у поперечному перетині та виникнення зниження тиску біля осі й збільшення його на периферії, що є наслідком дії відцентрової сили. Ступінь впливу відцентрової сили може бути оцінено за допомоги коефіцієнта закручення потоку.

В даній роботі розглянуто використання двох дифузорів із різним кутом розкриття для спрямлення закрученого затопленого струменя, що має місце у вихорокамерних нагнітачах.

Для визначення параметрів течії зроблено числовий експеримент на основі вирішення рівнянь Нав'є-Стокса, осереднених за Рейнольдсом для нестисливої рідини, отриманих з використанням узагальненої гіпотези Бусінеска, що зв'язує напруги Рейнольдса з осередненими параметрами потоку. В якості робочого середовища обрано воду. Для замикання математичної моделі до рівнянь руху додане рівняння нерозривності. Для розрахунку течії була прийнята модифікована двошарова SST «$k-\omega$» модель турбулентності переносу напруг Ментера, що зрушують, яка враховує особливості течії біля твердих стінок і в зовнішньому потоці, та приводить до задовільних результатів розрахунку обмежених стінками потоків. Для покращення результатів розрахунку до SST-моделі додано коригування на кривизну ліній струму та обертання потоку [9].



а)

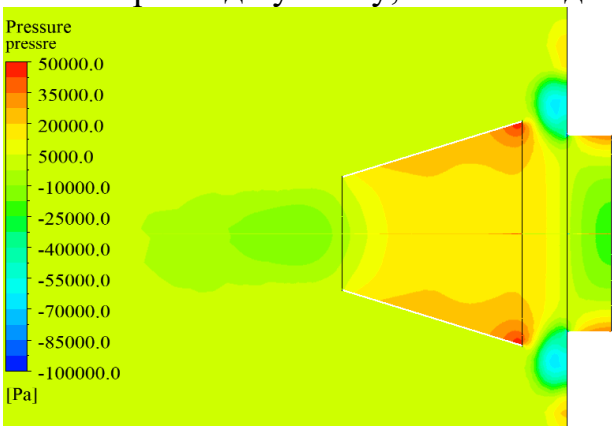


б)

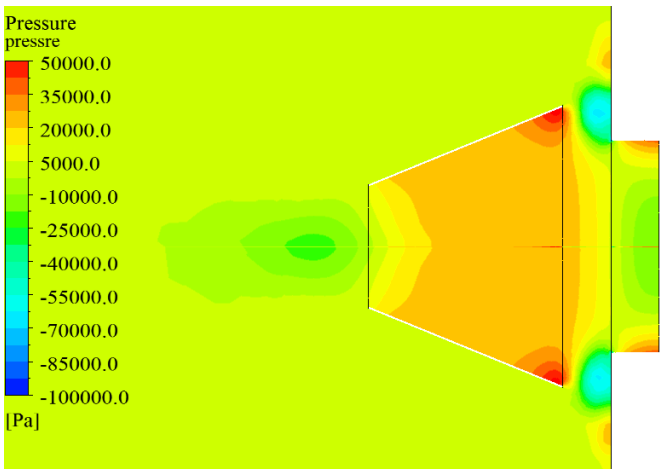
Рисунок 1 – Розподіл швидкості закрученого струменя під час проходження конфузора: а) $\alpha/2=17,2°$; б) $\alpha/2=22,2°$

Математичне моделювання проводилося в програмному комплексі Ansys CFX зі студентською ліцензією при наступних значеннях граничних умов: на всіх границях розрахункової області прийняті «жорсткі» граничні умови: на твердій стінці – умова прилипання рідини $\overline{V}\big|_b=0$, у вхідному перетині каналу задавалося значення тиску гальмування $p\big|_b=p_s$, у вихідних каналах – рівність нулю тиску $p\big|_b=0$. Розрахунки виконані на сітках із такою кількістю елементів 0,2…0,5 млн. Виявлено, що точність розрахунку із кількістю елементів більше ніж 0,4 млн. не залежить від подальшого подрібнення та виду елементу, що використовується під час побудови. Усі сітки забезпечували параметр $y^+<2$. Вирішення задач виконувалося в стаціонарній постановці.

На рис. 1 наведено поля швидкостей для течії затопленого закрученого струменя, що проходить через конфузори з кутами $\alpha/2=17,2°$ та $22,2°$. Можна спостерігати збільшення середньої швидкості потоку під час використання конфузора з кутом $\alpha/2=22,2°$, що приводить до можливості збереження більшої частки енергії закрученого потоку. До аналогічного висновку можна дійти під час спостереження розподілу тиску, який наведено на рис. 2.



а)



б)

Рисунок 2 – Розподіл статичного тиску струменя під час проходження конфузора: а) $\alpha/2=17,2°$; б) $\alpha/2=22,2°$

Висновки. В роботі на основі числового моделювання шляхом вирішення RANS рівнянь отримані розподіли тиску та швидкості під час течії закрученого затопленого струменя через конфузори з різними кутами звуження.

Спостерігається збільшення середньої швидкості потоку під час використання конфузора з кутом $\alpha/2=22,2°$, що приводить до можливості збереження більшої частки енергії закрученого потоку.

Література

1. Сёмин Д.А. Верификация расчетов течений в вихрекамерных устройствах. / Сёмин Д.А., Роговой А.С., Левашов А.М., Левашов Я.М. // Вісник НТУУ "КПІ". Сер. Машинобудування, 2016. – № 2 (77). – С. 71-78.

2. Куйбин П. А. Моделирование условий закрученного потока на входе в отсасывающую трубу для различных режимов работы гидротурбины / Куйбин, П. А., Литвинов, И. В., Сонин, В. И., Устименко, А. С., Шторк, С. И. // Сибирский физический журнал. – 2016. –№ 11(1) –С. 56-65.

3. Русанов А. В. Влияние окружного навала лопастей рабочего колеса осевой гидротурбины на структуру потока в отсасывающей трубе. / Русанов, А. В., Хорев, О. Н., Косьянов, Д. Ю., Рябова, С. А., & Сухоребрый, П. Н. (2016) // Вісник двигунобудування. – 2016. – №2 – С. 25-30.

4. Kondus V. A method of designing of torque-flow pump impeller with curvilinear blade profile. / Kondus V., Kalinichenko P., Gusak O. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. –Volume 3, Issue 8-93, – P. 29-35.

5. Матвиенко, О. В. Сепарация несферических частиц в гидроциклоне. /Матвиенко О. В., Андропова А.О. // Инженерно-физический журнал, – 2018. – №91(3), – С. 761-778.

6. Кузнецов В. И. Некоторые предложения к варианту дифференциального уравнения физического процесса вихревой эффект

конфузора. / Кузнецов В. И., Шариков О. А. // Омский научный вестник. – 2015. – №1 (137), – С.33-37.

7. Сьомін Д.О. Вплив закручення потоку, що перекачується, на енергетичні характеристики вихрекамерних насосів / Д.О. Сьомін, А.С. Роговий, А.М. Левашов. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 20 (1192) – С. 68-71.

8. Сёмин Д.А. Влияние типа и размера расчетных сеток на точность расчета течений в вихрекамерных нагнетателях / Д.А. Сёмин, А.С. Роговой // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 41 (1213) – С. 70-77.

9. Rogovyi A.S. Verification of Fluid Flow Calculation in Vortex Chamber Superchargers/ A.S. Rogovyi // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. / МОН Украины, ХНАДУ. – Харьков, 2016. – Вып. 39. – С. 39-46.

Роговий Андрій Сергійович, д.т.н., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, asrogovoy@ukr.net

ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАКРУЧЕНОГО ЗАТОПЛЕНОГО СТРУМЕНЯ НА ОСНОВІ ЧИСЛОВИХ РОЗРАХУНКІВ

Закручені течії є одними з найпоширеніших у природі. Вони зустрічаються у природних явищах: торнадо, смерч та циклон. Часто закручені течії використають в техніці: гідроциклони, пиловловлювачі, спалювання палива, вихрові клапани, струминні ежектори, міксери та центрифугування [1]. На відміну, від класичних спрямлених потоків, які в більшості випадків можливо розрахувати за допомогою досить простих рівнянь, закручені течії потребують розрахунків за допомоги рівнянь Нав'є-Стокса, або значних спрощень для асимптотичних рішень [2]. В практиці проектування вихрових пристроїв досить часто приходиться стикатися з закрученим затопленим струменем. На відміну від прямоточного затопленого струменя, для якого існують залежності для розрахунку основних його параметрів, для закрученого струменя необхідно кожного разу проводити нові розрахунки із урахуванням ступеня закручення. Це пов'язане із, щонайменше, з чотирма різними варіантами поводження струменя у залежності від його ступеня закручення, що проілюстровано на рис. 1.