

Заключення. Дальнєйшеє пєвышєнє кєчєствє издєлєй мєшєнєстрєнєя, в тєм кєслє и обєспєчєнє нєтєадєицєннєх свєйств, вєзмєжнє нє бєзє кємпєзицєннєх тєхнєлєгєй. Их прєєктирєвєнє бєзєрєкєтєє нє сєчєтєнєи рєзлєчнєх пє знєчємєстє тєхнєлєгєй пє прєнцєпєм кємпєзицєи, кєлєчєствє кєтєрєх в кємпєзицєи опрєдєлєтєєя кєслєм нєпрєвлєнєя обєспєчєнєя свєйств издєлєя.

В рєбєтє рєзрєбєтєнє оєнєвє сєнтєзє унєвєрєсєлнєх тєхнєлєгєй – кємпєзицєннєх, кєтєрєє учєтєвєлєют дєстєєнєствє рєзлєчнєх пє знєчємєстє тєхнєлєгєй и рєшєлєют вєпрєсє бєлєє тєнкєй и прєцєзицєннєй рєєлєзєцєи свєйств издєлєй в обєчнєх услєвєях, нє мєкрє-, мєкрє- и нєнєурєвнєях, с вєзмєжнєстєю измєнєнєя свєйств издєлєй в прєстєрєнєствє и/или вє вєрємєнє нє оєнєвє фєнкцєиєнєлнє-орєнєтєрєвєннєгє пєдпєхєдє.

Опєрєсєнє оєбєднєнєстє сєнтєзє кємпєзицєннєх тєхнєлєгєй пє прєнцєпєм кємпєзицєи. Прєдєстєвлєнє кєлєсєфєкєцєя кємпєзицєннєх тєхнєлєгєй, кєтєрєя пєзвєлєєт вєбєрєтє тєхнєлєгєи нє гєнєрєрєвєннєм мнєжєствє кємпєзицєннєх тєхнєлєгєй. Здєсь тєжє пєкєзєнє оєбєднєнєстє сєнтєзє и пєрєспєктєвє рєзвєтєнєя кємпєзицєннєх тєхнєлєгєй.

1. *Фєзєкє-тєхнєлєгєчєскєє оєнєвє мєтєдєв обєрєбєткє / Пєд рєд. А.П. Бєбєчєвє. – Рєстєв-нє-Дєнє: Фєнєкє, 2006. – 409 с. ISBN 5-222-09330-1.* 2. *Гєсєв А.И. Нєнємєтєрєиєлє, нєнєстєрєкчєрє, нєнєтєхнєлєгєи. – М.: ФИЗМЭТЛИТ, 2009. – 416 с. ISBN 978-59221-0582-8.* 3. *Сєслєв А.Г. Тєхнєлєгєя мєшєнєстрєнєя: Учєбнєк дєлє стєдєнтєв мєшєнєстєрєитєлнєх спєцєиєлнєстєєй вєзєв. – М.: Мєшєнєстєрєнєє, 2004. – 400 с. ISBN 5-217-03223-5.* 4. *Бєзрєв Б.М. Мєдєлнєнє тєхнєлєгєи. – М.: Мєшєнєстєрєнєє, 2001. – 368 с. ISBN 5-217-03061-5.* 5. *Мєхєйлєв А.Н. Оєнєвє сєнтєзє фєнкцєиєнєлнє-орєнєтєрєвєннєх тєхнєлєгєй. – Дєнєцк: ДєнНТУ, 2009. – 346 с. ISBN 966-7907-24-4.* 6. *Мєхєйлєв А.Н., Мєхєйлєвє Е.А., Мєхєйлєв Д.А. Оєнєвє сєнтєзє кємпєзицєннєх тєхнєлєгєй мєшєнєстєрєнєя // Оптємєзєцєя вєрєбнєчєх прєцєсєв і тєхнєчнєй кєнтєрєлнє у мєшєнєбєдєвєннє тє прєлєдєбєдєвєннє / Вєснєк Нєц. ун-тєу “Лнєвєвськєя пєлєтєхнєкє”. – 2011. – № 713. – С. 23–31. ISSN 0321-0499.*

УДК 621.825.5

Ю.Я. Нєвєцкєй

Нєцєиєнєлнєй унєвєрєсєтєт “Лнєвєвськєя пєлєтєхнєкє”,
кєфєдрє дєтєлєй мєшєнє

ПРОБЛЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЛОКАЛЬНО НАВАНТАЖЕНОЇ ОБОЛОНКИ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS

© Нєвєцкєй Ю.Я., 2012

Рєзглєнєтє оєбєднєвєстє рєзв'єзєвєнєя кєнтєкєтнєх зєдєч цєлєндрєчнєх обєлєнкє-вєх кєнтєрєкчєй з тєвєрдєи тєлємє мєтєдєм скєнчєннєх єлємєнтєв у прєгрємнємє сєрєдєвєицє SolidWorks 2012 тє прєблємє, єкє прє цнємє вєнєкєєтє.

The features for solving contact problems cylindrical shell structures of solids by finite element software environment in SolidWorks 2012 and the problems that arise while.

Пєстєнєвкє прєблємє. Прє рєвєдєннє рємєнтнє-прєфєлєктєчнєх рєбєт обєрє нєдзємнєх пєрєхєдєв мєгєстрєлнєх гєзєпєрєвєдєв вєнєкєє нєобхєднєстє в пєднємє тєрєбє нєд обєрєю нє вєлєчєнє 100 – 150 мм [2], прєчємєу дєлє тєрєбєпєрєвєдєв вєлєкєгє дєємєтєрє (1220 – 1420) нєобхєднє

використовувати гідропривід з гнучким робочим органом – привідним ланцюгом із нестандартними втулками збільшеного діаметра із циліндричними роликками [4].

Аналіз останніх досліджень. Результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень вказують на значні напруження, що виникають у випадку локальної контактної взаємодії роликів ланцюга із трубопроводом [5]. Визначення величин цих напружень аналітичним методом [3] є доволі трудомістким процесом, який вимагає значних затрат часу, високої кваліфікації персоналу та значних спрощень, однак подібні спрощені задачі, розв’язані аналітично, вкрай необхідні для встановлення адекватності обчислень цих напружень прогресивнішим методом – методом скінчених елементів з використанням ЕОМ.

Формулювання мети статті. Метою статті є аналіз проблем та особливостей визначення напружено-деформованого стану оболонкових конструкцій при їх контактній взаємодії із циліндричними роликками методом скінчених елементів, а точніше – його реалізацією в програмному середовищі SolidWorks Simulation 2012 [1].



Рис. 1. Експериментальна модель гідравлічного підйомника із привідним ланцюгом: а – загальний вигляд; б – взаємодія роликів із трубопроводом

Виклад основного матеріалу. На рис. 1, а зображено експериментальну модель гідропідйомника із робочим органом у вигляді привідного ланцюга із збільшеними роликками, а на рис. 1, б – взаємодію циліндричних роликів із трубопроводом великого діаметра через тонку металеву прокладку.

Як відомо, процес контактної взаємодії між собою двох циліндрів є нелінійним, оскільки величина контактних напружень залежить як від зусилля взаємодії, так і від площі взаємодії, яка, своєю чергою, теж залежить від зусилля взаємодії. В програмному середовищі SolidWorks Simulation 2012 розв’язуються як лінійні, так і нелінійні задачі структурної механіки. На відміну від лінійних, нелінійні задачі вимагають значно більших ресурсів ЕОМ, що навіть сьогодні є серйозною проблемою, тому сітку, як правило, виконують із ущільненнями в зоні контакту (рис. 2).

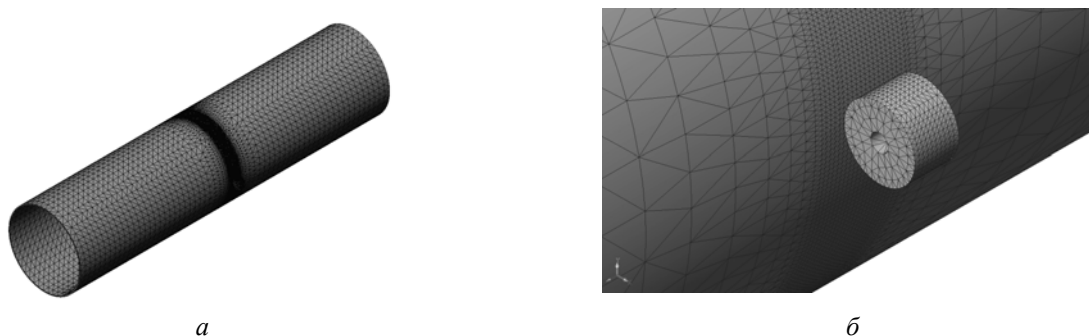


Рис. 2. Розподіл моделі на сітку скінчених елементів: а – загальний вигляд; б – фрагмент ущільненої сітки

Іншою проблемою є те, що оболонкові конструкції з метою зменшення необхідного ресурсу не можна моделювати як оболонки (безмоментна теорія оболонок), оскільки оболонка піддається локальному згину, внаслідок чого на її зовнішній поверхні виникають напруження стиску, а на внутрішній – розтягу. Тому оболонки слід моделювати як тверді тіла, що значно збільшує розмірність задачі, а отже, і необхідний ресурс ЕОМ.

На рис. 3 наведено хромограми – результати розрахунку напружено-деформованого стану довгомірної оболонки $\varnothing 720 \times 9$ мм із циліндричним роликом $\varnothing 80 \times 50$ мм із зусиллям взаємодії 40 кН. На жаль, представлення хромограми в сірих тонах значно погіршує якість представлення результату, однак на рис. 3, а зображено процес переміщення ролика в середину трубопроводу на величину 1,89 мм (в збільшеному масштабі) та характерне огинання податливим трубопроводом жорсткого ролика. На рис. 3, б наведено хромограму еквівалентних напружень, на якій чітко проглядається нейтральний шар в середині стінки фрагмента труби та помітні дві плями концентрації напружень на внутрішній поверхні труби в місцях її контакту з краями ролика.

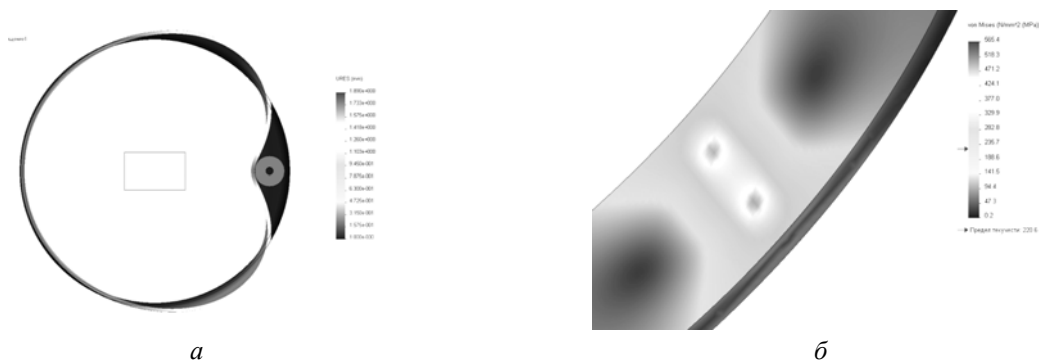


Рис. 3. Результуючі переміщення та еквівалентні напруження в оболонці під час її контактної взаємодії з циліндричним роликом: а – переміщення ролика і оболонки під навантаженням; б – еквівалентні напруження на внутрішній поверхні оболонки

На рис. 4, а зображено розподіл контактної тиску по довжині контактної площадки, а на рис. 4, б – напружень. Як видно із рисунка 4,б податлива оболонка огинає жорсткий ролик вздовж його осі, що призводить до нерівномірного розподілу контактної тиску та напружень на площадці контакту, а отже, і до високих значень самих напружень, що є небезпечно для міцності оболонки, а особливо коли це магістральний трубопровід високого тиску.

Цю задачу можна розв'язати і відомими методами аналітичної механіки [3], однак подальші способи вирівнювання, а отже, і зменшення контактних напружень роблять їх малоефективними.

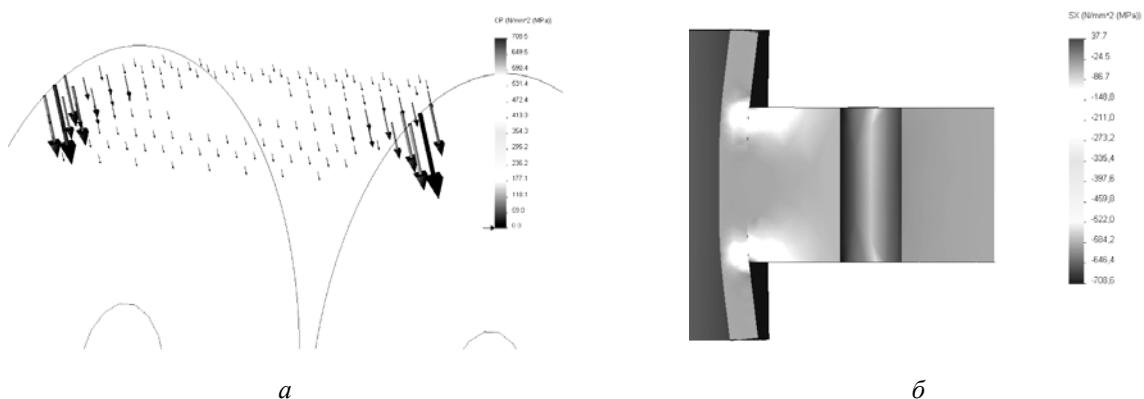


Рис. 4. Контактні тиск та напруження в оболонці під час її контактної взаємодії з циліндричним роликом: а – розподіл контактної тиску по контактній площадці ролика; б – розподіл напружень вздовж осі контактної площадки ролика

Розглянемо аналогічну контактну взаємодію циліндричної оболонки з роликом через металеву прокладку завтовшки 6 мм (рис. 5).

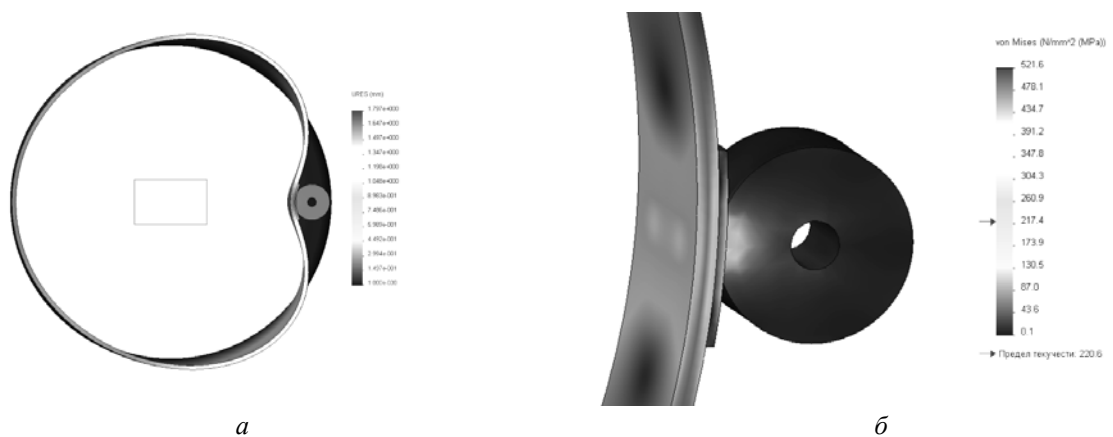


Рис. 5. Результуючі переміщення та еквівалентні напруження в оболонці під час її контактної взаємодії з циліндричним роликом через прокладку: а – переміщення ролика, прокладки та оболонки під навантаженням; б – еквівалентні напруження на внутрішній поверхні оболонки

Як видно із порівняльного аналізу рис. 3 та рис. 5, загальні переміщення з використанням прокладки є дещо меншими (приблизно на 5 %), також меншою є концентрація еквівалентних напружень і, отже, меншими є їхні абсолютні значення (приблизно на 8 %).

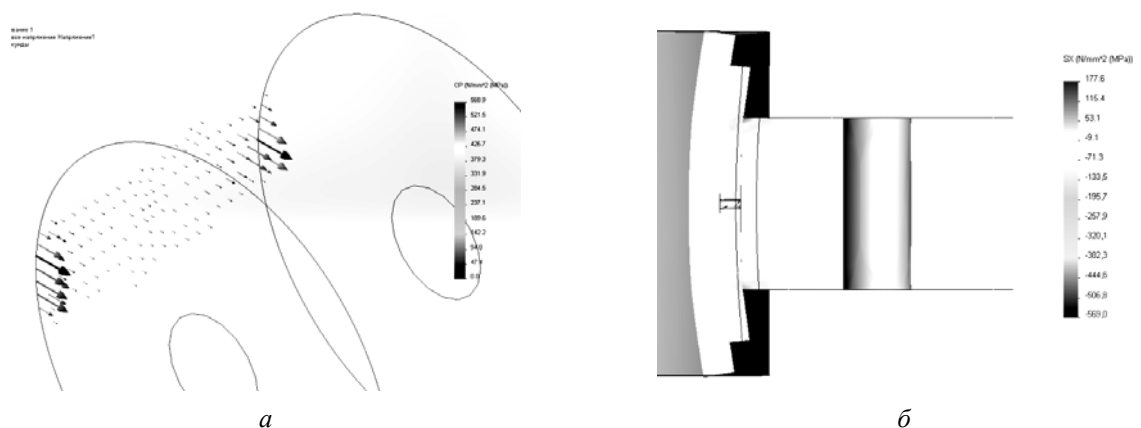


Рис. 6. Контактні тиск та напруження в оболонці під час її контактної взаємодії з циліндричним роликом через прокладку: а – розподіл контактного тиску по контактній площадці ролика; б – розподіл напружень вздовж осі контактної площадки ролика

Як видно із аналізу рис. 6, контактні тиск та напруження під час взаємодії через прокладку завтовшки 6 мм є краще розподілені по площадці контакту, а їхні максимальні значення є меншими приблизно на 20 %.

Аналогічні результати можна отримати і при використанні ролика змінної жорсткості, де аналітичні методи розрахунку теж використати дуже важко. Однак використання аналітичного розв'язку задачі локальної взаємодії довгомірної оболонки та циліндричного ролика дає змогу правильно налагодити числові розв'язки, тобто вибрати необхідний розмір сітки, характер контактної взаємодії та оцінити точність розв'язання задачі, адже, як відомо, числові методи належать до наближених.

Висновки. Використання числових методів розв'язання нелінійних задач контактного характеру дає змогу швидко оцінити напружено-деформований стан складної конструкції та вжити конструктивних заходів із підвищення міцності.

1. Алямовский А.А. *Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation*. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 664 с.
2. Беккер М.В., Мандра А.С., Николаев В.О., Ксендзюк С.В. *Технологія ремонту повітряних переходів магістральних трубопроводів та методика її застосування // Інформаційний огляд ДК “Укртрансгаз”. – 2004. – №4 (28). – С. 5–6.* 3. Бурак Я.Й., Рудавський Ю.К., Сухорольський М.А. *Аналітична механіка локально навантажених оболонок. – Львів: Інтелект-Захід, 2007. – 240 с.* 3. Патент на корисну модель №73750 (Україна) / Спосіб ремонту ділянок трубопроводів, розташованих на опорах балкових переходів. МПК F16L 55/18 / Є. В. Харченко, Ю. Я. Новицький. Заявлено 02.03.2012 р. Опубл. 10.10.2012, бюл. №19, 2012 р. – 4 с. 4. Харченко Є.В., Новицький Ю.Я. *Вплив локальних навантажень на напружено-деформований стан тонкостінного трубопроводу // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Динаміка, міцність та проектування машин і приладів”. – 2011. – №701. – С. 100–107.*

УДК 621.9

Н.В. Ступницька

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра охорони праці

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПЛАНУВАННЯ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

© Ступницька Н.В., 2012

Наведено структуру автоматизованої системи планування заходів з охорони праці на підприємствах машинобудування. Впровадження такої системи дасть змогу вирішити найважливіші питання, пов'язані зі зменшенням показників важкості та частоти травматизму.

In the article the brought structure over of CAS of measures planning on a labour protection on the enterprises of engineer. Introduction of such system will allow to decide the row of the major questions related to reduction of indexes to weight and frequencies of traumatism.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Як зазначено у працях [2–5], наявні критерії оцінювання (коефіцієнти частоти та тяжкості) не дають змоги із впевненістю диференціювати людино-машинні системи за рівнем безпеки праці, не дають чіткої картини динаміки травматизму та мають низьку прогностичну цінність. Запропоновані в наукових розробках [4] критерії оцінок на основі визначення відмов елементів систем мають, як правило, низьку адекватність та вузьке використання внаслідок обмеженості та складності формалізації більшості евристичних процедур, покладених в основу прийняття рішень при плануванні заходів запобігання виробничому травматизму.

Аналіз літературних джерел з питань оцінювання виробничих систем щодо їх травмонебезпеки дає змогу виділити два основні напрямки таких досліджень.

Перший з них [2, 5] (умовно його можна назвати методом синтезу) ґрунтується на статистичному аналізі мікротравматизму, що дає змогу узагальнити визначені так показники та будувати загальну модель травмонебезпеки виробничого підрозділу методом узагальнення та формалізації тенденцій щодо причин та наслідків нещасних випадків. Перевага такого метода полягає в тому, що до уваги беруть усі причини виникнення травмонебезпечних ситуацій та у відносній простоті математичних узагальнень при обробці статистичної інформації. Однак,