

Підготовчі процеси збагачення

– в зоне разрушения любого бурового органа есть энергия в виде осевого усилия и вращения, что легко преобразуется в нагрев породы трением, и промывочная вода для резкого охлаждения нагретой породы.

Список литературы

1. Разрушение горных пород при резком охлаждении: Моногр. / А.А. Кожевников, В.В. Крисан, Ю.Н. Вахалин и др. – Д.: ТОВ "Лизгунов Пресс", 2011. – 152 с.
2. Бергман Э.Д., Покровский Г.Н. Термическое разрушение горных пород плазмобурами. – Новосибирск: Наука, 1971. – 193 с.
3. Экспериментальные исследования разупрочнения горных пород при нагреве трением фрикционных элементов термомеханической коронки / С.А. Ермаков, Л.Н. Федоров, Д.С. Ващенко, Р.М. Скрябин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – Вып. №7.
4. Дмитриев А.П., Гончаров С.А. Термическое и комбинированное разрушение горных пород. – М.: Недра, 1978. – 304 с.
5. Патент України №110443. Бюл. №19. 10.10.2016/ А. Ю. Дреус, А.О. Кожевников, А.К. Судаков, Ю.Н. Вахалин. Термомеханічний породоруйнуючий інструмент.
6. Полуянский С.А., Алымов Б.Д., Трусков И.В. Плазмощарошечное разрушение крепких горных пород. – К.: Наук. думка, 1979. – 192 с.
7. Миронов Е.И. Новые методы разрушения пород при скоростной проходке горных выработок в США // Горн. журн. – 1978. – № 3. – С. 69-72.

© Ганкевич В.Ф., Вахалин Ю.Н., Ливак О.В., 2018

Надійшла до редколегії 09.03.2018 р.

Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим

УДК 622.27:621.926.9(339.138)

А.О. БОГДАН,

В.С. БІЛЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук

(Україна, Харків, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут") ,

М.І. СОКУР, д-р техн. наук

(Україна, Кременчук, Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського)

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ БАРАБАНА РУДОПОМОЛЬНОГО МЛИНА ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО РЕСУРСУ SolidWorks

Постановка проблеми та стан її дослідження. Для вивчення напруженого стану барабана рудопомольного млина застосовується фізичне і математичне, зокрема, комп'ютерне, моделювання. Водночас, фізичне моделювання багатотоннажних млинів самоподрібнення (AG) та напівсамоподрібнення (SAG) стикається зі значними проблемами, обумовленими труднощами в отриманні високоякісних даних для промислових об'єктів, що суттєво ускладнює експеримент

[1]. У роботі [2] успішно розроблено динамічну модель напівсамоподрібнення руди. Набір звичайних диференціальних рівнянь було вирішено за допомогою платформи графічного програмування MATLAB / SIMULINK. Модель протестовано та перевірено на продуктивності самоподрібнення 1800 т/год в умовах міднорудного комбінату. Для дослідження напруженого стану конструкцій багатотоннажних млинів прийнято використовувати імітації навантаження в полі відцентрових сил [3,4]. Актуальність дослідження напруженого стану конструкцій млина показана, зокрема, в роботах [5-9].

Сучасним продуктивним ресурсом вивчення напруженого стану елементів подрібнювальних та аналогічних апаратів є комп'ютерне моделювання, зокрема, з використанням програмного ресурсу SolidWorks [10-11].

Мета статті – одержання моделей напруженого стану елементів барабана рудопомольного млина з використанням програмного ресурсу SolidWorks [12].

Виклад основного матеріалу. У нашому досліді моделювалися режими холостого ходу барабана рудопомольного млина і номінального режиму при завантаженні барабана рудою. При цьому у другому випадку прийнято навантаження на робочу зону контакту матеріалу в барабані 1 МПа/м². Матеріалом барабана закладено литу вуглецеву сталь густиною 7800 кг/м³, коефіцієнт Пуассона 0,32; границя міцності – 482,549 МН/м², межа текучості 248,2 МПа

Спершу нами було отримано 3D-модель барабана млина (рис. 1).

1. Режим холостого ходу млина

Для тестування навантажень холостого ходу барабана був використаний вбудований в SolidWorks інструмент SolidWorks Simulation Statics. В першу чергу модель була зафіксована в районі цапфи, після цього була створена сітка моделі, за допомогою якої задача розділяється на прості елементи. Потім модель була навантажена відцентровою силою, яка відповідає швидкості обертання барабану 11 хв⁻¹.

На рис. 2 і 3 наведено параметричні поля напружень барабана рудопомольного млина при його холостому ході і різних конфігураціях стінки барабана: рис. 2 – стінка прямокутна товщиною 70 мм; рис. 3 – стінка трапецевидна з основами: верхня – 70 мм, нижня – 200 мм. На рис. 4 наведено епюри напружень $P(r)$ стінок барабана млина.

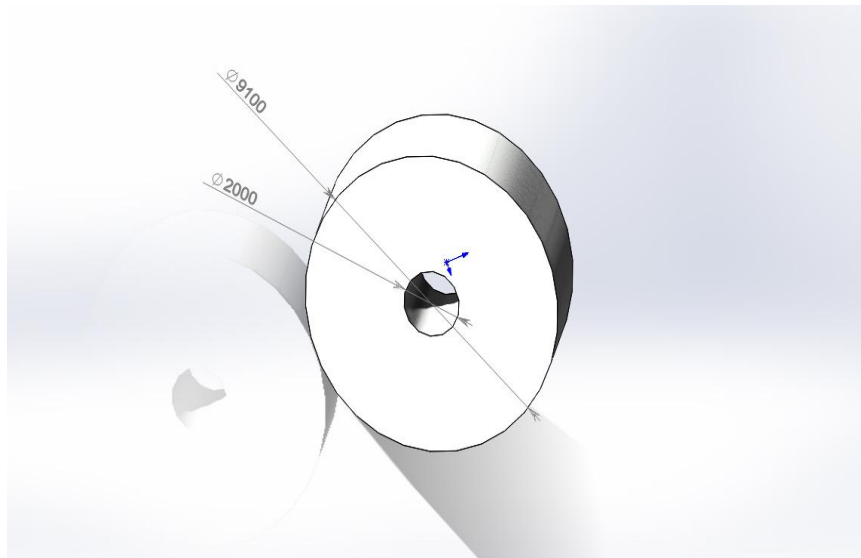
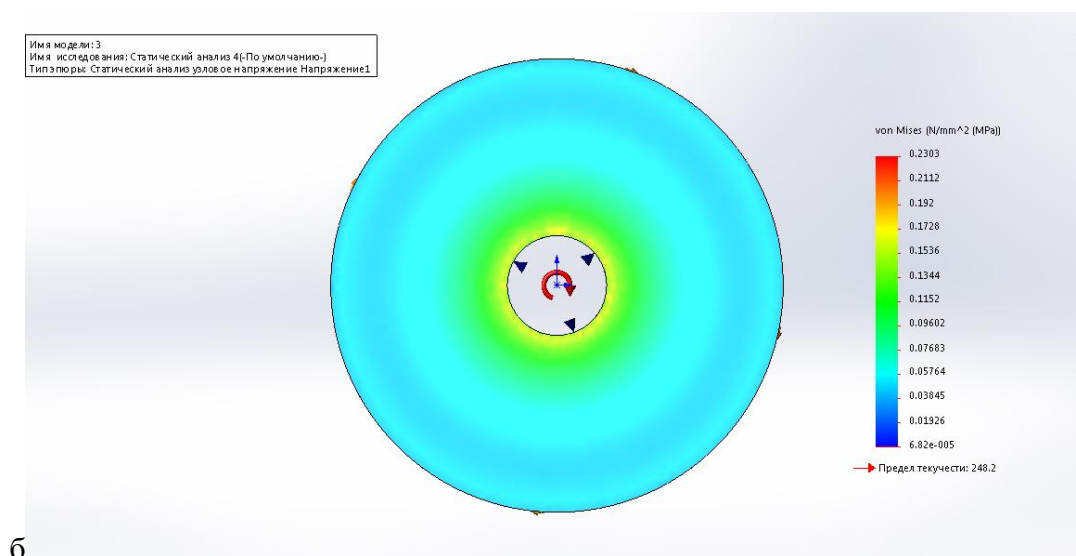
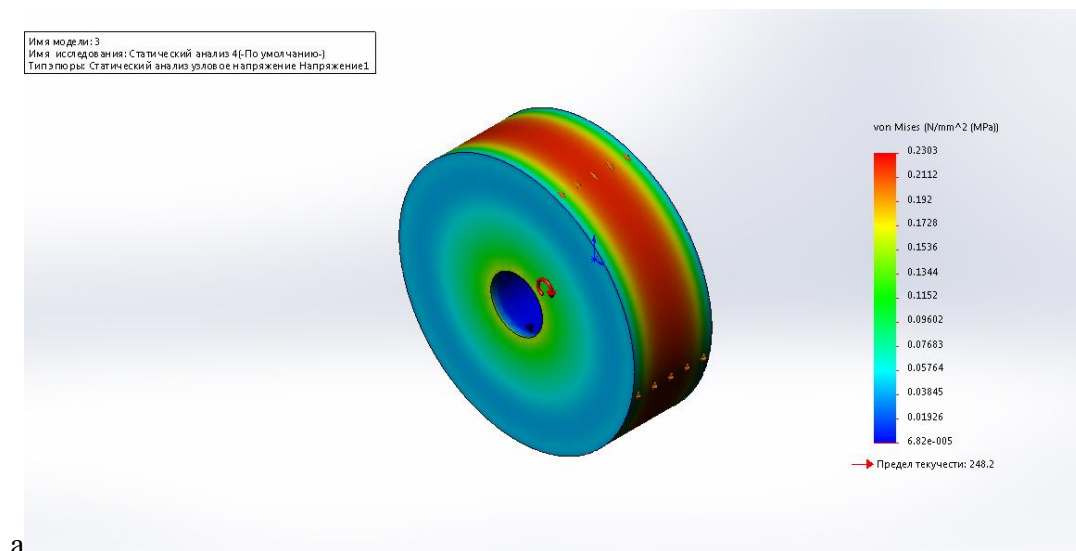


Рис. 1. 3D-модель барабана млина



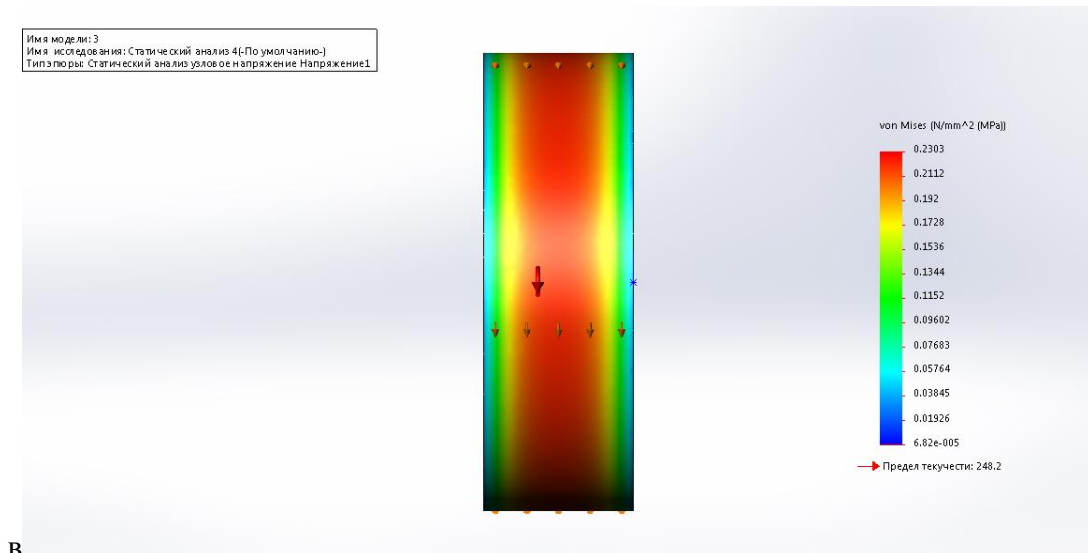
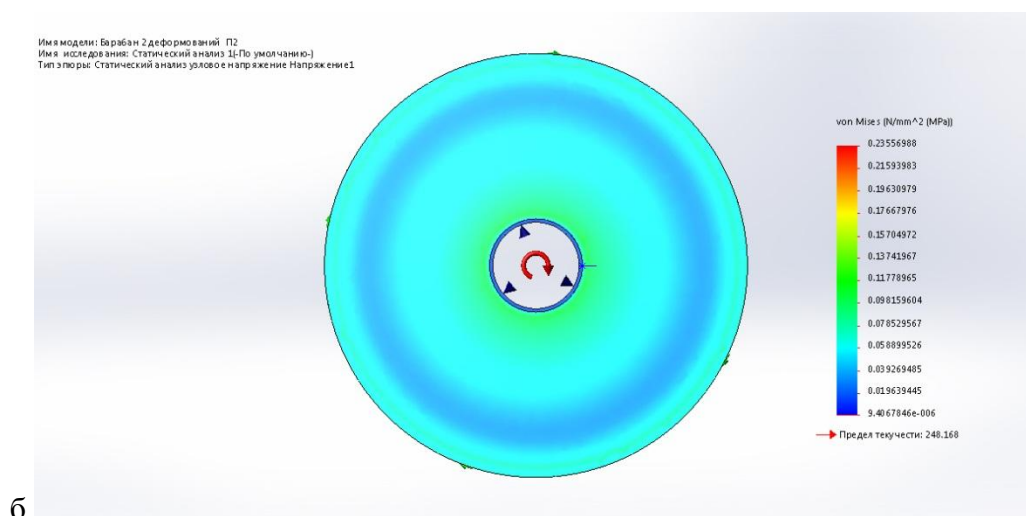
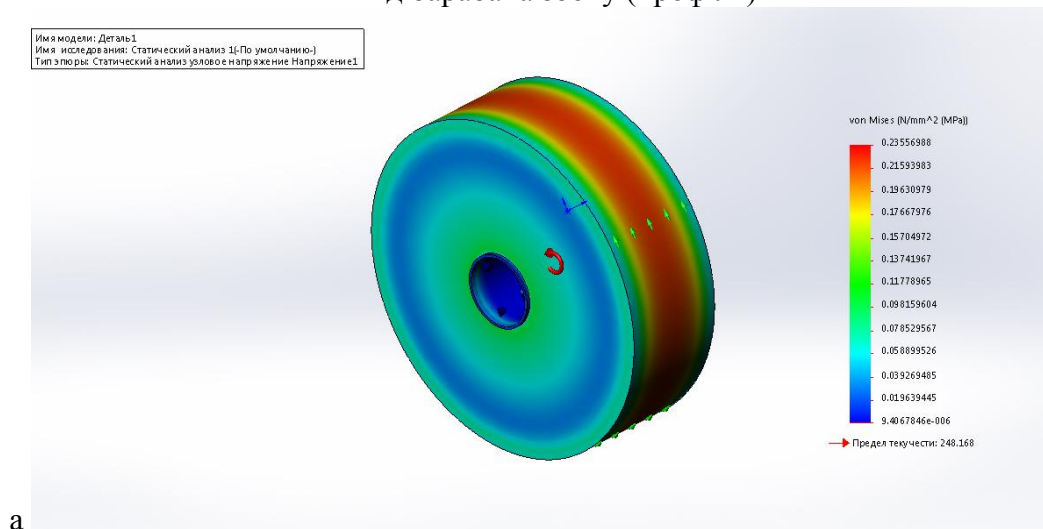


Рис. 2. Параметричне поле напружень барабана рудопомольного млина при його холостому ході. Стінка барабана прямокутна товщиною 70 мм:
а – ізометрична проекція барабана; б – вид барабана спереду;
в – вид барабана збоку (профіль)



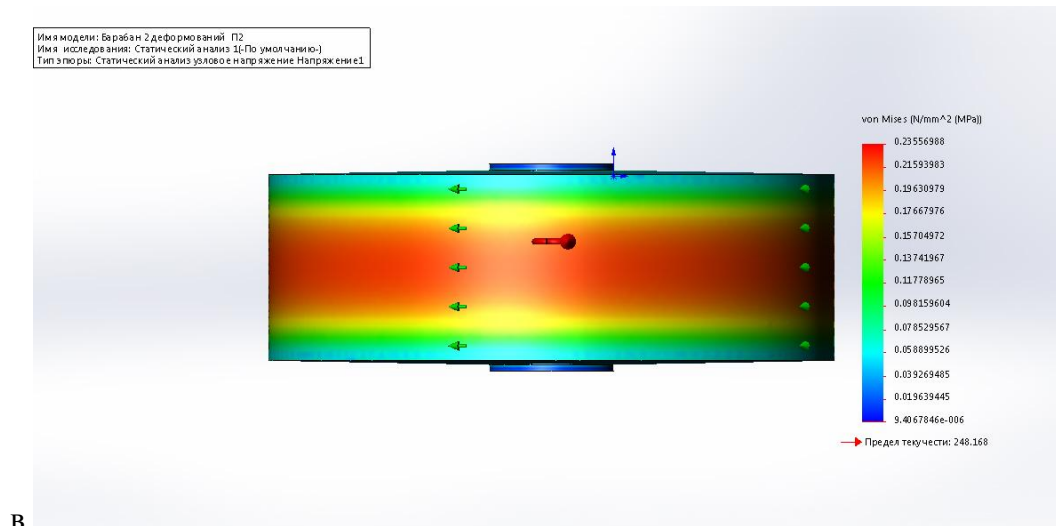


Рис. 3. Параметричне поле напружень барабана рудопомольного млина при його холостому ході. Стінка барабана трапецевидна з основами: верхня – 70 мм, нижня – 200 мм: а – ізометрична проекція барабана; б – вид барабана спереду; в – вид барабана збоку (профіль)

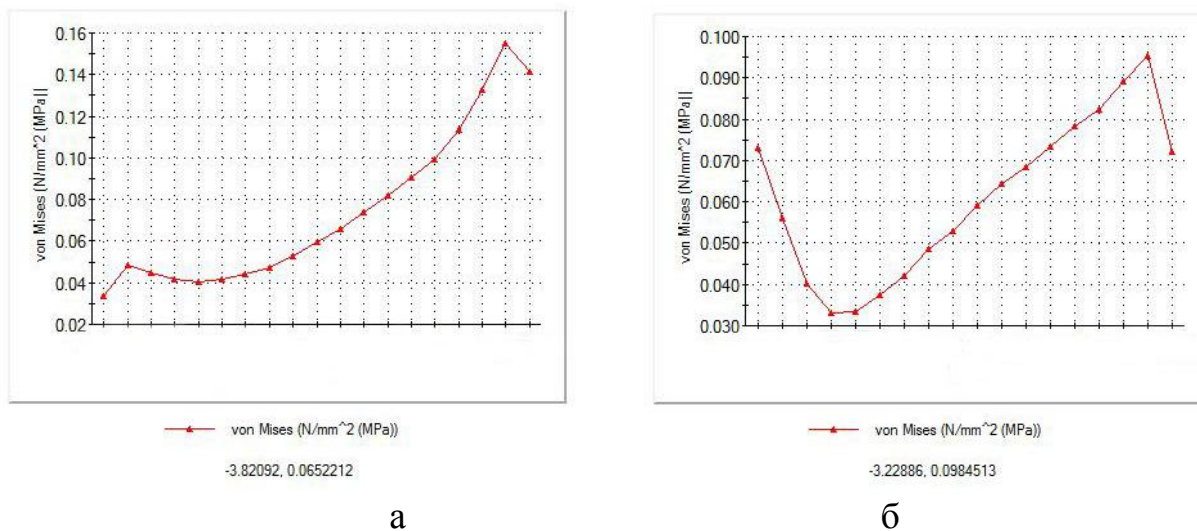


Рис. 4. Епюри напружень $P(r)$ стінок барабана млина: а – прямокутна стінка; б – трапецевидна стінка. По осі абсцис показані точки на радіусі барабана (r) від твірної (ліворуч) до цапфи (праворуч)

Прокоментуємо одержані результати. Шкала параметричного поля має межі 0,2303-0,0126 МПа. Виділені більш навантажені ділянки, які відповідають області обичайки, а синім – менш навантажені. Незалежно від конфігурації профілю стінки барабана (прямокутна чи трапецевидна) спостерігається чітке зростання напружень в районі цапфи. При цьому для прямокутного профілю стінки барабана вони досягають 0,155 МПа, а для трапецевидного 0,09 МПа (рис. 4). Тобто трапецевидний профіль стінки барабана забезпечує в 1,7 рази

менші механічні напруження в районі цапфи у порівнянні з прямокутним профілем стінки. Зазначимо, що крива напружень $P(r)$ у випадку трапецевидного профіля стінки барабана лежить нижче аналогічної кривої для барабана з прямокутним профілем стінки. Виключення складає область стінки безпосередньо поблизу обичайки – тут для прямокутного профілю стінки максимальні напруження складають 0,05 МПа, а для трапецевидної вони дещо більші – 0,073 МПа.

Таким чином, слід рекомендувати трапецевидну форму стінки барабана млина з потовщенням в області цапфи, так як така конструкція забезпечує зменшення напружень в 1,7 рази.

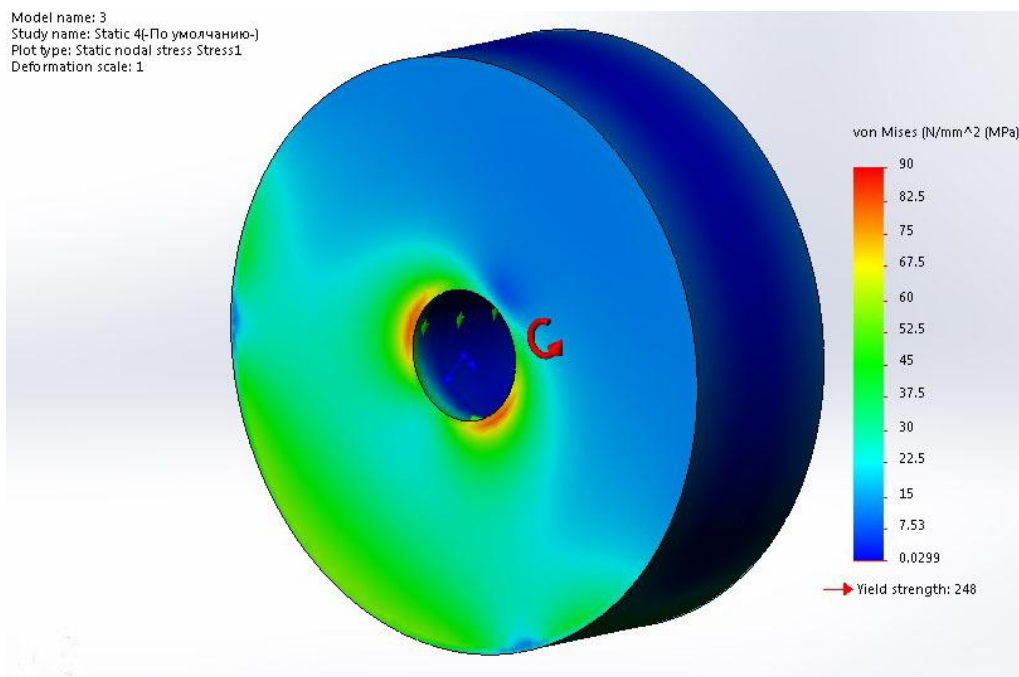
2. Режим номінального навантаження млина

На рис. 6 наведено параметричні поля напружень барабана рудопомольного млина при його номінальному навантаженні.

На рис. 6 наведено епюри напружень $P(r)$ стінок барабана млина при його номінальному завантаженні.

Аналіз одержаних результатів полів та епюри механічних напружень в стінці барабана рудопомольного млина показує наявність двох зон максимальних значень навантажень: перша – в області подрібнюваного рудного тіла (на графіку рис. 6 – ліворуч); друга – в околиці цапфи (на графіку рис. 6 – праворуч). Зона мінімальних навантажень розташовується діаметрально протилежно розташуванню подрібнюваного рудного тіла.

При цьому значення напружень суттєво більші від холостого ходу і складають в області подрібнюваного рудного тіла – 50-60 МПа, а в області цапфи сягають 40 МПа. Разом з тим, зони найбільших напружень на цапфі не потрапили в радіальний перетин, зображений на рис. 6.



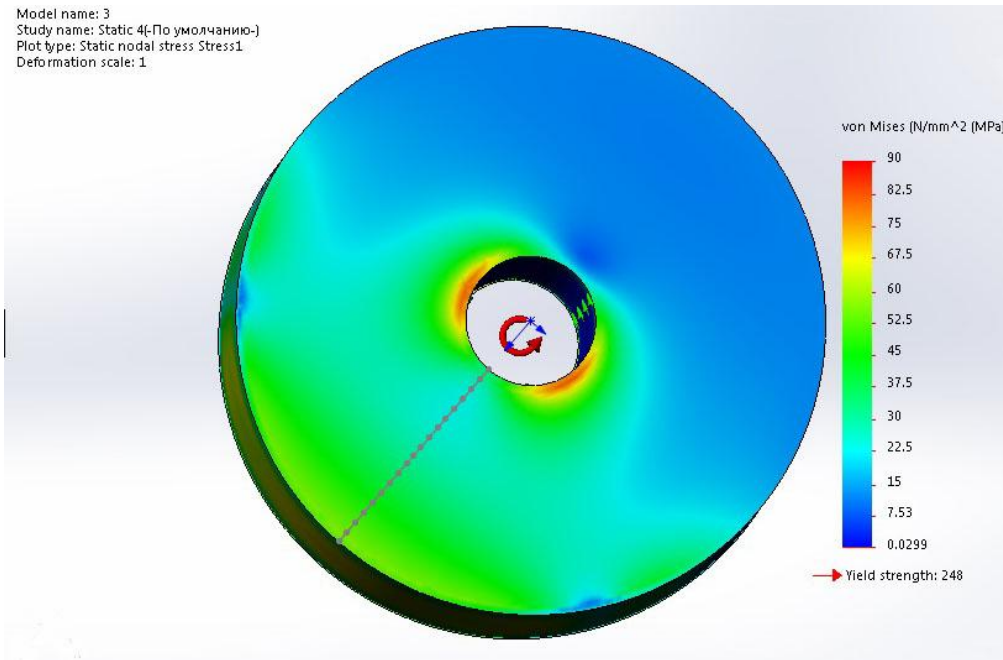


Рис. 5. Параметричне поле напружень барабана рудопомольного млина при його номінальному завантаженні. Стінка барабана прямокутна товщиною 70 мм: а – ізометрична проекція барабана; б – вид барабана спереду, на радіусі показані точки заміру напружень поданих на рис. 6

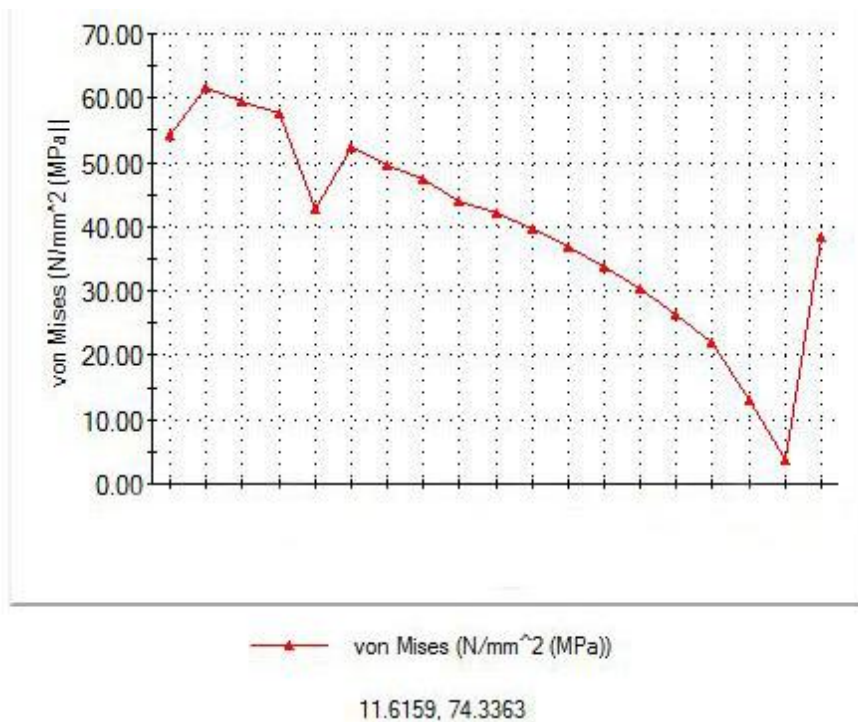


Рис. 6. Епюри напружень $P(r)$ стінок барабана рудопомольного млина при його номінальному завантаженні

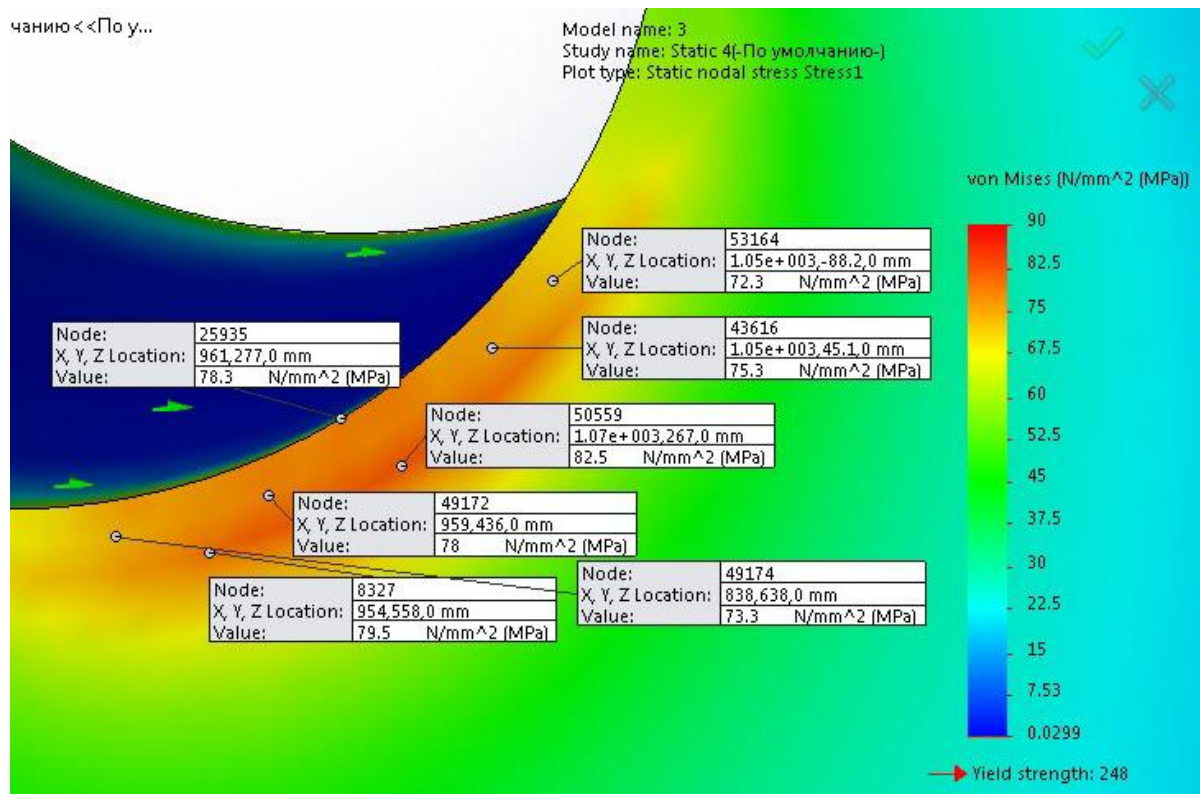


Рис. 7. Фрагмент параметричного поля напружень стінок барабана рудопомольного млина в області цапфи при його номінальному завантаженні.
Зона максимальних напружень кількісно оцінюється 72-82,5 МПа

Виходячи з даних полів напружень рис. 5, максимальні напруження на цапфі значно більші 40 МПа.

Для поглибленого аналізу області цапфи ця ділянка виділена нами окремо (рис. 7). Як показує аналіз зона максимальних напружень вона кількісно оцінюється в 72-82,5 МПа.

Висновки

1. Таким чином, за допомогою програмного ресурсу SolidWorks виконано моделювання напруженого стану барабану, зокрема, його стінок в холостому режимі та при номінальному навантаженні.

2. Одержані параметричні поля та епюри напружень корелюють з експериментальними даними, одержаними при фізичному моделюванні. Незалежно від конфігурації профілю стінки барабана (прямокутна чи трапецевидна) спостерігається чітке зростання напружень в районі цапфи. При цьому трапецевидна форма стінки барабана млина з потовщенням в області цапфи забезпечує зменшення напружень в 1,7 рази. Зона максимальних напружень при номінальному навантаженні кількісно оцінюється 72-82,5 МПа.

3. Достовірність одержаних результатів дослідження напруженого стану барабана рудопомольного млина підтверджується збіжністю даних математичного та фізичного моделювання.

Список літератури

1. Morrell S. A new autogenous and semi-autogenous mill model for scale-up, design and optimisation /S. Morrell // Minerals Engineering. 17(3) p.437-445·March 2004. DOI: 10.1016/j.mineng. 2003.10.013.
2. Salazar, J. L., Magne, L., Acuña, G., &Cubillos, F. (2009). Dynamic modelling and simulation of semi-autogenous mills. Minerals Engineering, 22(1), 70-77. DOI: 10.1016/j.mineng. 2008.04.009.
3. Jabbari M. and Mohazzab A. H. Analytical Solution for Centrifugal Force Effect in Functionally Graded Hollow Sphere, Applied Mechanics and Materials, Vols. 110-116, pp. 2829-2837, 2012. DOI:10.4028/www.scientific.net/AMM.110-116.2829.
4. Qun Zhang Song Cen. Multiphysics Modeling: Numerical Methods and Engineering Applications // Tsinghua University Press Computational. Mechanics Series. Imprint: Academic Press. 2015. 440 p. eBook ISBN: 9780124077379; Hardcover ISBN: 9780124077096.
- 5.. Підготовка корисних копалин до збагачення: монографія / М.І. Сокур, В.С. Білецький, О.І. Єгурнов та ін. – Кременчук: Кременчуцький національний ун-т ім. М. Остроградського, Академія гірничих наук України. ПП Щербатих О.В., 2017. – 392 с.
6. Смирнов В.О., Білецький В.С., Шолда Р.О. Переробка корисних копалин (монографія). – Донецьк: Східний видавничий дім, 2013. – 600 с.
7. Смирнов В.О., Білецький В.С. Підготовчі процеси збагачення корисних копалин. – Донецьк: Східний видавничий дім, Донецьке відділення НТШ, 2012. – 284 с.
8. Сокур М.І. Кияновський М.В., Воробйов О.М., Сокур Л.М., Сокур І.М. Дезінтеграція мінеральних ресурсів: Монографія. – Кременчук: Видавництво ПП Щербатих О.В., 2014 – 304 с.
9. Потураев В.Н., Сокур М.И. Мельницы самоизмельчения. – К.: Наукова думка, 1988. – 220 с.
10. Ягулов А.В., Сокур Н.И. Исследование напряжений в барабане мельницы самоизмельчения МБ-90-30 методом электротензометрирования – Кривой Рог, 1976. – 5-е. Деп. в Черметинформ. 27.09.76; № 97-76 Деп.
11. Руководство по изучению программного обеспечения SolidWorks® https://www.solidworks.com/sw/docs/Student_WB_2011_RUS.pdf
12. Підготовка корисних копалин до збагачення: монографія / Сокур М.І., Білецький В.С., Єгурнов О.І. та ін. – Кременчук: Кременчуцький національний ун-т ім. М.Остроградського, Академія гірничих наук України. ПП Щербатих О.В., 2017. – 392 с.

© Богдан А.О., Белецкий В.С., Сокур Н.І., 2018

*Надійшла до редколегії 12.02.2018 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*