

Втулка навантажувалась послідовно на відстані 5, 10, 100 і 300 мм від торця в 2, 4 або 8 точках. Зусилля, що прикладаються в кожній точці, становили 3, 2 і 1 кН. Зусилля обмежувалося в міру зменшення товщини стінки для запобігання залишкових деформацій втулки. Пружні деформації втулки вимірювалися при навантаженні в діаметрально протилежних точках двома мікронними індикаторами, встановленими на супорті. По деформаціям і прикладеним зусиллям розраховувалася жорсткість втулок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабей Ю.И. Поверхностное упрочнение металлов / Ю.И. Бабей, Б.И. Бутаков, В.Г. Сысоев. – Киев: Наук. думка, 1995. – 256 с.
2. Фукс А.И. Определение оптимального состава гаммы горизонтально-расточных станков / А.И. Фукс, М. Е. Эльясберг. – М.: НИИМАШ, 1969. – 65 с.
3. Рыжов Э.В. Контактная жесткость деталей машин / Э.В. Рыжов. – М.: Машиностроение, 1968. – 180 с.
4. Браславский В.М. Технология обкатки крупных деталей роликами / В.М Браславский. – М.: Машиностроение, 1975. – 160 с.
5. Бейлард П.П. Напряжения от локальных нагрузок в цилиндрических сосудах давления / П.П. Бейлард // Сб. Вопросы прочности цилиндрических оболочек. – М., Оборонгиз, 1960. – С. 43 – 65.

УДК 621.7:621.8+539.4

ОЦІНКА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ПРИ КОНТАКТНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Марченко Д.Д., к.т.н., доцент

Миколаївський національний аграрний університет

В статті приведені результати досліджень напружено-деформованого стану при роботі сталевих канатного блоку і канату. За допомогою кінцево-елементного моделювання виконано чисельне рішення просторової контактної задачі при використанні прикладного програмного комплексу APM WIN

Machine. Результати аналізу статичного і динамічного навантаження пари показали, що максимальний рівень контактних напружень (поля напружень), а отже і найбільша інтенсивність трибоконтного зношування, приходить на робочий профіль канатного блоку, а саме на тороїдальну і конічні поверхні за рахунок зминання канатом робочої поверхні.

В статье приведены результаты исследований напряженно-деформированного состояния при работе стальных канатного блока и каната. С помощью конечно-элементного моделирования выполнено численное решение пространственной контактной задачи при использовании прикладного программного комплекса APM WIN Machine. Результаты анализа статической и динамической нагрузки пары показали, что максимальный уровень контактных напряжений (поля напряжений), а следовательно и наибольшая интенсивность трибоконтного износа, приходится на рабочий профиль канатного блока, а именно на тороидальные и конические поверхности за счет смятия канатом рабочей поверхности.

Однією з основних проблем прикладної механіки є побудова методів, що дозволяють адекватно оцінювати напружено-деформований стан (НДС) різноманітних технічних об'єктів [1 – 6]. Тому пропонується провести чисельний аналіз для визначення НДС при роботі канатного блоку і канату за допомогою методу кінцево-елементного моделювання.

Об'єктами дослідження являється пара «канатний блок – канат».

Стальний канатний блок виготовлений зі сталі 35Л (ГОСТ 977 – 88) відповідно до конструкторської документації на судоперевантажувач «KRUPP». Радіус робочого профілю канатного блоку $r_{\delta} = 18$ мм; глибина профілю $h = 50$ мм; діаметр канатного блоку по діаметру робочого профілю $= 800$ мм; половина кута робочого профілю струмка канатного блоку $\alpha_{\delta} = 22,5^{\circ}$; модуль пружності канатного блоку $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,3$.

Стальний канат подвійного звивання з лінійним торканням дротів в пасмах типу ЛК-РО конструкції $6 \times 36(1+7+7/7+14)+7 \times 7(1+6)$ з металевим осердям виконаний по ГОСТ 7669 – 80. Модуль пружності матеріалу дротів $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,3$; коефіцієнт тертя $\mu = 0,2$. Кут обхвату канатом робочого профілю канатного блоку 180° . Одна з торцевих поверхонь канату жорстко закріплена через канатний блок на балансірі з

гідравлічними амортизаторами, який слугує для натягу канату з метою зменшення динамічних коливань і пом'якшення ударів при різних послабленнях або розриві одного із пасів канату (тут і далі під торцевою поверхнею пасму канату мається на увазі сукупність торцевих поверхонь складових її дротів). На протилежному торці, який проходить через систему поліспастів до канатного барабану, моделюється поверхня з поведінкою, яка точно відповідає реальним умовам навантаження пасму канату. Дослідження розповсюджуються на випадки статичного і динамічного навантаження торцевої поверхні пасму з жорсткою поведінкою. До неї прикладаються повздовжня розтягуюча сила, момент, який викликає скручування пасму [7 – 9].

Для кінцево-елементного рішення даної контактної задачі при роботі сталевих канатного блоку і канату були використані прикладні програмні комплекси APM WIN Machine і SCAD Office.

Для створення розрахункової геометрії досліджуваного об'єкту використовувалася одна з розповсюджених в інженерній практиці систем твердотільного трьохвимірного проектування. Просторова модель була виконана в графічному редакторі AutoCAD та імпортована через STEP формат в препроцесор трьохвимірного графічного редактора APM Studio, що входить до програмного комплексу APM WIN Machine, для моделювання з використанням об'ємних твердотільних (солід) елементів [10, 11]. На рис. 1 показано результати моделювання геометрії пари канатного блоку і канату.

Після створення/імпорту просторової геометричної моделі були послідовно вказані пари контактуючих деталей і поверхонь, по яким буде відбуватися взаємодія. На поверхні співпадаючих граней таким чином були створені контактні і цільові елементи.

Підготовчий етап розрахунку включає розбивку просторової моделі «канатний блок – канат» на чотирьохвузлові кінцеві елементи у вигляді сітки тетраєдрів (рис. 2). Кількість елементів кінцево-елементної моделі – 116695; кількість вузлів – 34769; кількість ступенів свободи – 104307.

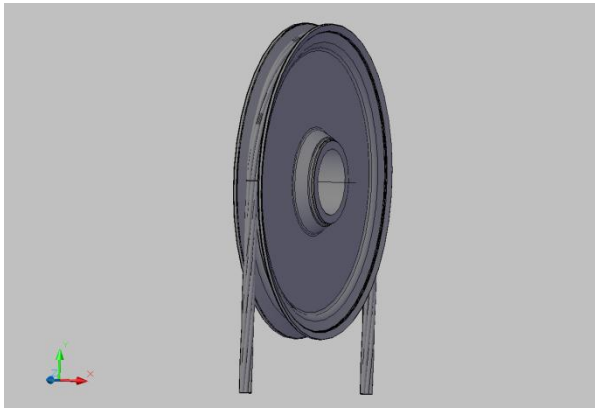


Рис. 1. Просторова геометрична модель



Рис. 2. Кінцево-елементна розрахункова просторова модель

Після розбиття кінцево-елементної сітки розрахункова модель імпортувалася в модуль аналізу на міцність APM Structure3D програмного комплексу APM WIN Machine, де задавалися закріплення вузлів і властивості матеріалу, прикладались навантаження, що спостерігаються в умовах експлуатації пари «канатний блок – канат», вносились властивості контактуючих зон і елементів.

Розрахунок контактної взаємодії проводився в рамках нелінійного розрахунку, в т.ч. і статичного розрахунку, в припущенні малих переміщень і пружних деформацій. В процесі розрахунку створювалися фіктивні елементи, що пов'язують контактуючі поверхні, і, в залежності від відносного переміщення вузлів цих поверхонь, на кожній ітерації уточнювалися зусилля в площадці контакту і знаходилися рішення для системи лінійних алгебраїчних рівнянь у матричній формі. Критерієм збіжності являлася умова мінімального взаємного проникнення об'єктів.

Результатами розрахунку контактної взаємодії пари «канатний блок – канат» є переміщення, напруження і деформації, які виникають у об'ємних елементах, взаємне проникнення і стан контактних елементів в контактній області.

Аналіз напружено-деформованого стану показує, що максимальне еквівалентне напруження виникає не на поверхні робочого профілю канатного

блоку, а в районі галтельного переходу під маточину блоку і досягає значення 450 МПа (рис. 3).

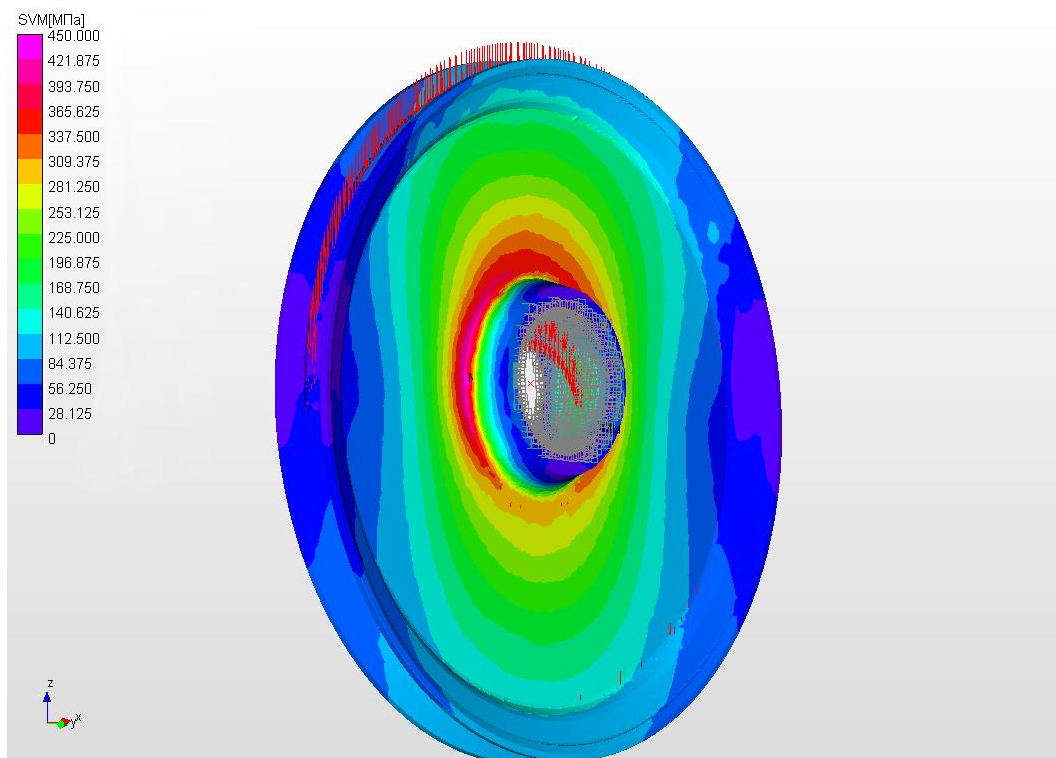


Рис. 3. Розподілення еквівалентних напружень за Мезісом

Слід зазначити, що максимальне нормальне напруження по вісі Y локальної системи координат досягне свого максимуму в 226 МПа на тороїдальній і конічних частинах робочого профілю канатного блоку (рис. 4). Розподілення дотичних напружень у площадці з нормаллю Y і у напрямку Z системи координат приведені на рис. 5.

Ізополя напружень, представлені на рис. 4 і рис. 5, відповідають випадку робочого режиму пари «канатний блок – канат», коли півколо кочення канату котиться по середній лінії робочого профілю канатного блоку. При даному режимі роботи простежується мінімальний рівень інтенсивності робочих напружень, а також мінімальний рівень поперечних навантажень. Змінюючи відносне положення канату і канатного блоку в невеликих значеннях, яке відбувається через динамічні навантаження, призводить до виникнення суттєвих повздовжніх навантажень, а також виникнення збільшеної області контакту. В цьому випадку контакту виникають зони з підвищеним значенням

напружень і суттєве відносне проковзування, що призводить до виникнення зон пластичності і швидкого зносу робочого профілю канатного блоку. В процесі строгування досягаються більш високі напруження, ніж при встановленому коченні, що необхідно враховувати при розрахунках на міцність і оцінці строку служби канатних блоків.

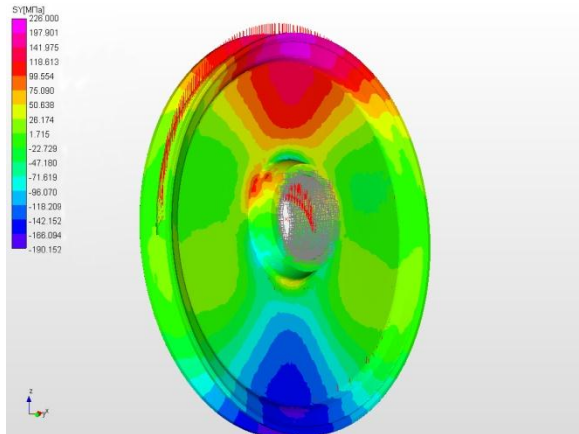


Рис. 4. Розподілення нормальних напружень просторової моделі

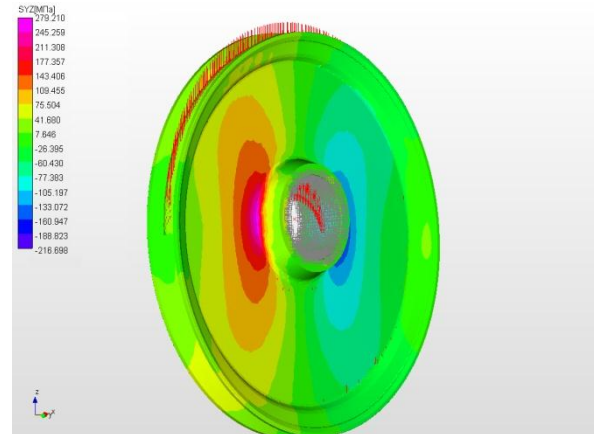


Рис. 5. Розподілення дотичних напружень просторової моделі

Максимальні відносні деформації, як пружні, так і пластичні виникають на робочій поверхні профілю блоку під час роботи у парі з канатом і в районі галтельного переходу під маточину канатного блоку (рис. 6). Максимальне значення сумарних лінійних переміщень буде складати 0,8041 мм (рис. 7).

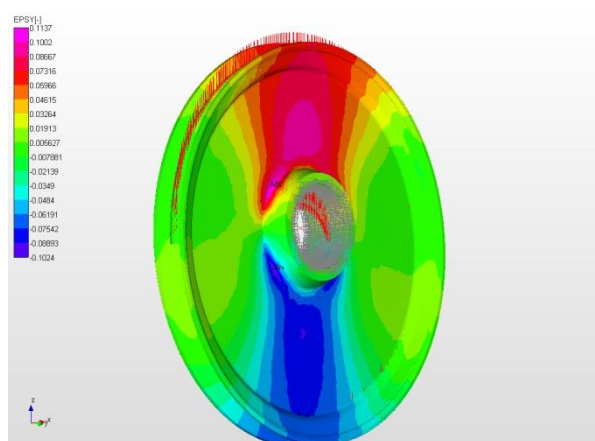


Рис. 6. Розподілення лінійних відносних деформацій просторової моделі

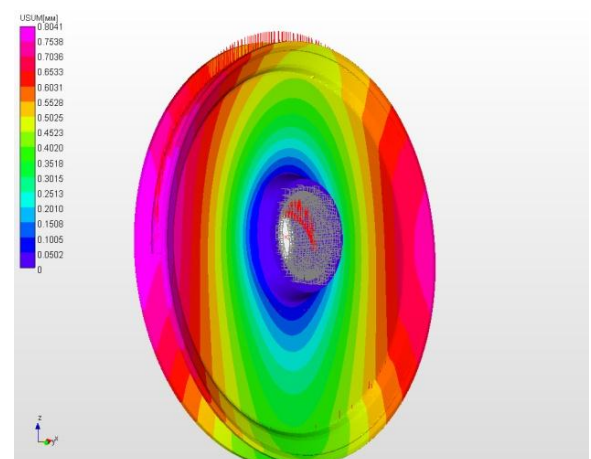


Рис. 7. Розподілення сумарних лінійних переміщень просторової моделі

Аналіз розподілення відносних деформацій канатного блоку у парі з канатом показує, що пластичні деформації являються суттєвим фактором, що необхідно враховувати при оцінці процесів накопичення трибопошкоджень на робочому профілі канатного блоку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пинегин С. В. О механизме качения при силовом контакте упругих тел / С.В. Пинегин // Труды. — М. : Ин-т машиноведения АН СССР, 1961. — 13 с.
2. Пинегин С. В. Контактная прочность и сопротивление качению / С. В. Пинегин. — М. : Машиностроение, 1969. — 243 с.
3. Ковальский Б. С. Расчет деталей на местное сжатие / Б. С. Ковальский. — Харьков : ХВКИУ, 1967. — 224 с.
4. Erdonmez C. Modeling and numerical analysis of the wire strand / C. Erdonmez, C. Imrak // J. of Naval Science and Engineering. — 2009. — Vol. 5, №1. — P. 30—38.
5. Гетман И. П. О методах расчета канатов. Задача растяжения-кручения / И. П. Гетман, Ю. А. Устинов // Подъемные машины и механизмы. — 2008. — Т. 72, вып. 1. — С. 81—90.
6. Боровков А. И. Конечно-элементное вычисление эффективных механических характеристик стального каната на основе моделирования микроструктуры и множественного контактного взаимодействия / А. И. Боровков, Д. В. Климшин // Фундаментальные исследования в технических университетах. — Санкт – Петербург : СПбГПУ, 2005. — С. 232—233.
7. Кузьменко А. Г. Контакт, трение и износ смазанных поверхностей : монография / А. Г. Кузьменко, О. В. Диха. — Хмельницкий : ХНУ, 2007. — 344 с.

8. Сорокатый Р. В. Метод трибоэлементов : монография / Р. В. Сорокатый. — Хмельницький : ХНУ, 2009. — 242 с.
9. Сорокатый Р. В. Решение износодетактных задач методом трибоэлементов в среде конечно-элементного пакета ANSYS / Р. В. Сорокатый // Проблеми трибології. — Хмельницький, 2007. — №3. — С. 9—17.
10. Замрий А. А. Проектирование и расчет методом конечных элементов трехмерных конструкций в среде APM Structure 3D / А. А. Замрий. — М. : АПМ, 2006. — 288 с.
11. APM WinMachine. Система расчета и проектирования деталей и конструкций методом конечных элементов. Версия 9.6. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые данные. — Режим доступа : <http://www.apm.ru>.

УДК 633.15:631.531.02

БАГАТОРЯДНИЙ НАЧІПНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ

Сілецький Д.І., асистент

Миколаївський національний аграрний університет

В статті приведені результати аналізу існуючих засобів механізації для збирання кукурудзи, були виявлені недоліки. За для їх усунення запропонована жатна частина, яка б сприяла рівномірній повздовжній подачі (без заломлення або зміни напрямку) стебла кукурудзи, тим самим значно зменшуючи втрати качанів, які обробляються після відокремлення від стебла, без пошкоджень. Удосконаливши таким чином жатну частину кукурудзозбирального комбайну можливо уникнути втрати зерна і підвищити якість врожаю.

В статье приведены результаты анализа существующих средств механизации для уборки кукурузы, были обнаружены недостатки. По их устранению предложена жатная часть, которая способствовала равномерной продольной подачи (без преломления или изменения направления) стебли кукурузы, тем самым значительно уменьшая потери початков, которые обрабатываются после отделения от стебля, без повреждений.