

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ПЕРЕРІЗУЮЧИХ ПЛАШОК ПРЕВЕНТОРА

Б. В. Копей, В. В. Михайлюк, С. О. Охріменко

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, Карпатська 15, тел. (0342) 727101,
e-mail: kopeyb@ukr.net

При несподіваному посиленні шторму під час буріння на морі або в інших аварійних випадках бурильну або обсадну колону перерізають лезами плашок превенторів і герметизують свердловину. Бурильна колона залишається у свердловині і утримується трубними плашками превенторів. Перерізуючі глухі плашки – це глухі плашки з вмонтованим різальним лезом, яке перерізає труби, що знаходяться у свердловині, дозволяючи, таким чином, глухим плашкам герметизувати свердловину. В роботі була поставлена задача вдосконалити перерізуючі плашки превентора з метою підвищення ефективності різання бурильної труби. Запропонована модернізація конструкції різача дає змогу перерізати бурильну трубу повністю. Як і у попередньої конструкції, процес перерізання незмінний, але за рахунок форми різальних поверхонь не відбувається зминання труби, а повне перерізання. Проте відмінністю цієї конструкції від закордонних є те, що у процесі перерізання труби спочатку відбувається її точкова деформація (проколювання) різачом, що, на відміну від інших конструкцій, зменшує у початковий момент деформації труби навантаження на гідравлічні циліндри плашкового превентора, а отже, зменшуються енергетичні затрати на цей процес різання та навантаження на інші елементи привода плашок превентора. Ефективність перерізання труб плашками з модернізованим лезом доведена результатами скінченно-елементного аналізу вдосконаленого превентора.

Ключові слова: противикидне обладнання, плашковий превентор, зрізуючі плашки, зминання труби, скінченно-елементний аналіз.

При неожиданном усилении шторма при бурении на море или в других аварийных ситуациях бурильную или обсадную колонны перерезают лезвием плашек превенторов с последующей герметизацией скважины. Бурильная колонна остается в скважине, удерживаемая трубными плашками превенторов. Перерезывающие глухие плашки – это плашки со встроенным режущим лезвием, которые разрезают трубы, находящиеся в скважине, позволяя, таким образом, глухим плашкам герметизировать скважину. Задачей работы является усовершенствование перерезывающей плашки превентора с целью повышения эффективности резания бурильной трубы. Предложено изменить конструкцию резача, а именно, модернизировать его режущую часть. Предложенная модернизация конструкции резача позволяет перерезать бурильную трубу полностью. Как и в предыдущей конструкции, процесс перерезывания не претерпевает изменений, однако за счет формы режущих поверхностей происходит не смятие трубы, а полное её перерезание. Отличительным свойством этой конструкции от зарубежных является то, что в процессе перерезывания трубы сначала происходит её точечная деформация (прокальвание) резачом, что уменьшает в начальный момент деформации трубы нагрузку на гидравлические цилиндры плашкового превентора, следовательно, уменьшаются энергетические затраты на процесс резки и нагрузка на другие элементы привода плашек превентора. Для исследования процесса перерезывания бурильной трубы построена трехмерная модель самой трубы и двух плашек. Трехмерная модель создана упрощенной, так как с увеличением количества элементов усложняется построение сетки конечных элементов, и сам процесс расчета очень длительный. Результаты, полученные методом имитационного моделирования, свидетельствуют об эффективности перерезывания бурильной трубы и возможности полного закрытия превентора с перерезывающими плашками.

Ключевые слова: противовыбросовое оборудование, плашечный превентор, перерезывающие плашки, смятие трубы, конечно-элементный анализ.

In case of an unexpected increase in the storm during drilling at sea or in other emergency cases, the drill or casing columns are cut off with cutters of pretensioners and sealed wells. The drill string remains in the well and is kept by the pipe plugs of the pretensioners. Blind rams are fitted with a cutting blade, cutting pipes in the well, allowing blind rams to seal the well. The task was to improve the cross-cutting preventer rams to increase the efficiency of the drill pipe cutting. The proposed modernization of the cutter design makes it possible to cut the drill pipe completely. In her, as in the previous design, the cutting process is the same, but due to the shape of the cutting surfaces there is no pipe bending, but a complete cutting. However, the difference between these structures from foreign is that in the process of cutting the pipe first, its point deformation (puncture) occurs with a cutter. This, in contrast to other structures, reduces the load at the initial moment of the tube deformation on the hydraulic

cylinders of the pre-filter, and therefore, the energy costs for this cutting process are reduced, and the load on other elements of the drive is reduced by the pre-plate layers. Key words: antiviral equipment, plate preventor, cut-off rams, pipe bending, finite-element analysis. To study the cutting process of a drill pipe, a three-dimensional model of the pipe itself and two dies were constructed. The three-dimensional model is created with simplified, since with the increase in the number of elements is complicated as the construction of a network of finite elements, and the calculation process itself continues for a very long time. The results obtained by the simulation model show the effectiveness of the cutting of the drill pipe and the possibility of complete closure of the pre-cutter with cross-sections.

Keywords: blowout preventing equipment, ram preventer, shear rams, pipe deformation, finite-element analysis.

Вступ

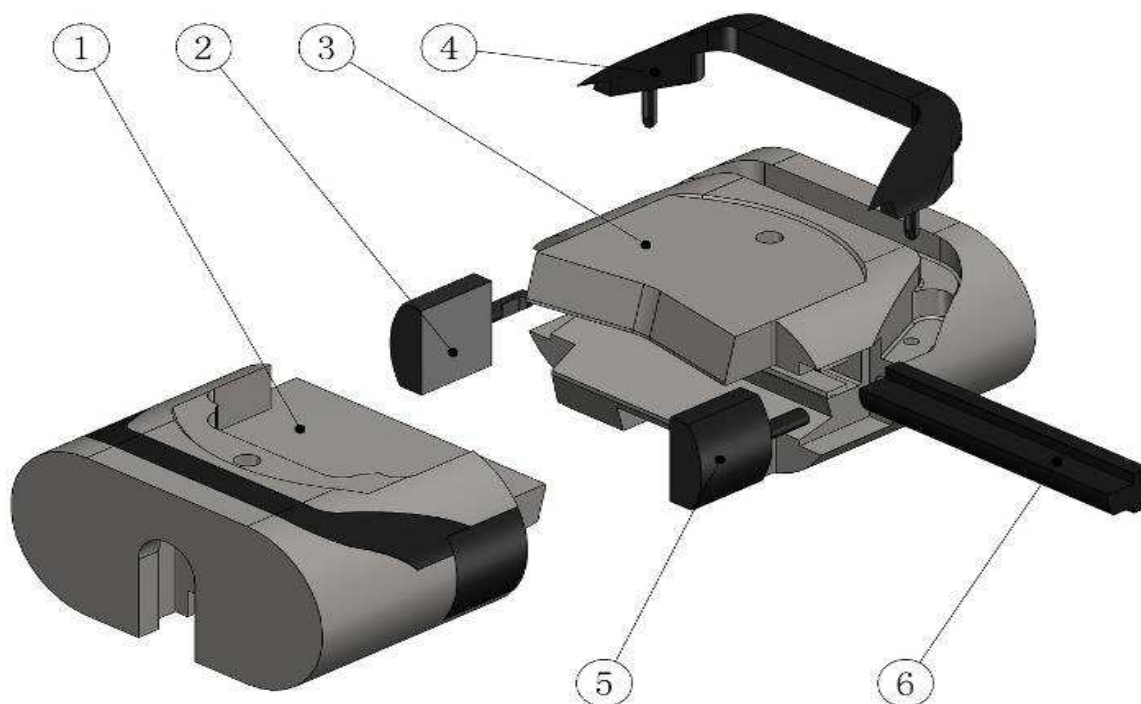
Важливу роль в комплексі обладнання морських бурових установок відіграє противикидне обладнання. Воно повинно відповідати всім вимогам, які обумовлені техніко-технологічними і гірничо-геологічними умовами роботи при спорудженні свердловини, всім експлуатаційним показникам та володіти високою надійністю.

Плашкові превентори з перерізуючими плашками можуть зрізати труби, які знаходяться в свердловині, дозволяючи, таким чином, глухим плашкам герметизувати гирло свердловини (рис. 1).

При несподіваному посиленні шторму або в інших аварійних випадках бурильну або обсадну колони перерізають перерізуючими плаш-

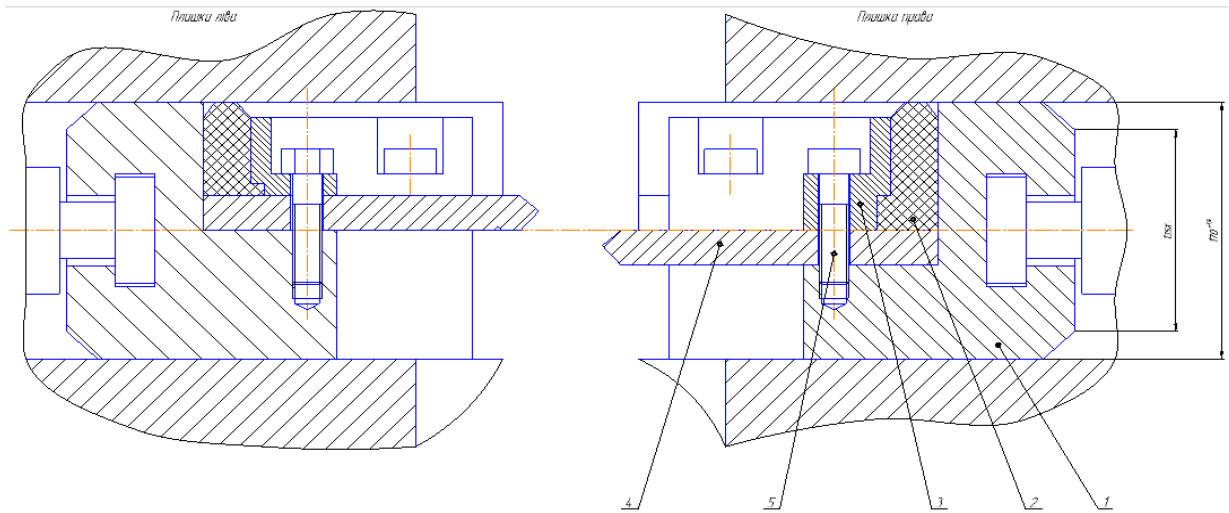
ками превенторів і герметизують свердловину. Бурильна колона залишається у свердловині і утримується трубними плашками превенторів.

Аварія (вибух і пожежа), що відбулася 20 квітня 2010 року в 80 кілометрах від узбережжя штату Луїзіана в Мексиканській затоці на нафтовій платформі Deepwater Horizon на родовищі Макондо призвела до масштабних збитків та витрат на ліквідацію її наслідків, що за оцінкою компанії BP становило 40 мільярдів доларів США. Наступний після аварії розлив нафти став найбільшим в історії США і перетворив аварію в одну з найбільших техногенних катастроф за негативним впливом на екологічну обстановку. У момент вибуху на установці Deepwater Horizon загинуло 11 осіб та постраждало 17 з 126 осіб, які перебували на борту [1, 2].



1 - нижній корпус перерізуючих плашок; 2 - ліве ущільнення; 3 - верхній корпус перерізуючих плашок; 4 - верхнє ущільнення; 5 - праве ущільнення; 6 - ущільнення леза

Рисунок 1 – Конструкція зрізаючих плашок плашкового превентора



1 – плашка; 2 – вставка; 3 – прижим; 4 – різак; 5 – болт

Рисунок 2 – Фрагмент складального креслення перерізуючих плашок превентора

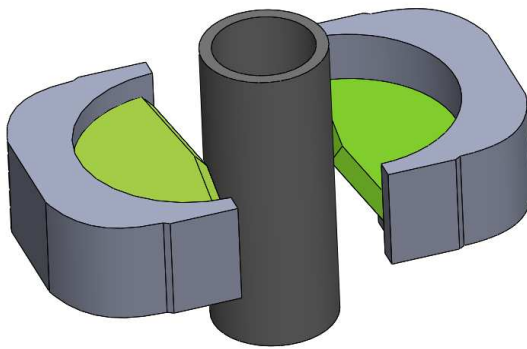


Рисунок 3 – Тривимірна модель для дослідження різальних лез плашок

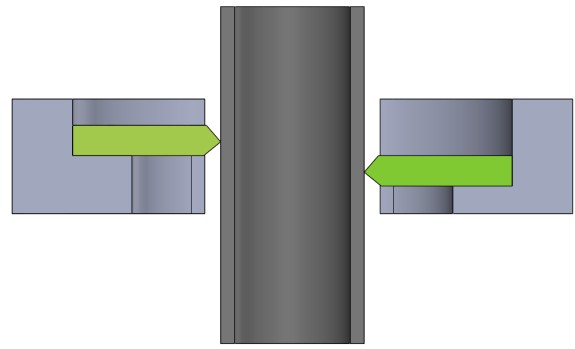


Рисунок 4 – Тривимірна модель для дослідження різальних лез плашок (поперечний переріз)

В кінці червня 2010 року з'явилися повідомлення про загибель ще 2 осіб при ліквідації наслідків катастрофи [2]. Через пошкодження труб свердловини на глибині 1500 метрів в Мексиканську затоку за 152 дні вилилося близько 5 мільйонів барелів нафти, нафтова пляма досягла площі 75 тисяч квадратних кілометрів [2], що становить близько 5% площі Мексиканської затоки. Основною причиною викиду стався промив бурильної труби, яка була деформована перерізуючими плашками, а не повністю відрізана.

Постановка задачі

При закритті перерізуючого плашкового превентора часто відбувається зминання бурильної труби з подальшим промиванням промивальною рідиною. В роботі була поставлена задача вдосконалити перерізуючі плашки превентора з метою підвищення ефективності різання бурильної труби.

Висвітлення основного матеріалу дослідження

Імітаційне моделювання процесу перерізання бурильної труби перерізуючими плашками превентора

На рис. 2 наведено фрагмент складального креслення перерізуючих плашок превентора.

Для дослідження процесу перерізання бурильної труби побудовано тривимірну модель самої труби та двох плашок (рис. 3 та 4). Тривимірна модель є спрощеною, оскільки зі збільшенням кількості елементів ускладнюється побудова сітки кінцевих елементів, а сам процес розрахунку буде тривалим.

На рис. 5 зображено створення граничних умов для досліджуваної моделі.

Граничними умовами вибрано поверхні як плашок з лезами, так і торці труби (рис. 5), тобто попередньо закладено їх переміщення та заборону переміщень у необхідних напрямках (аналогічно до умов роботи).

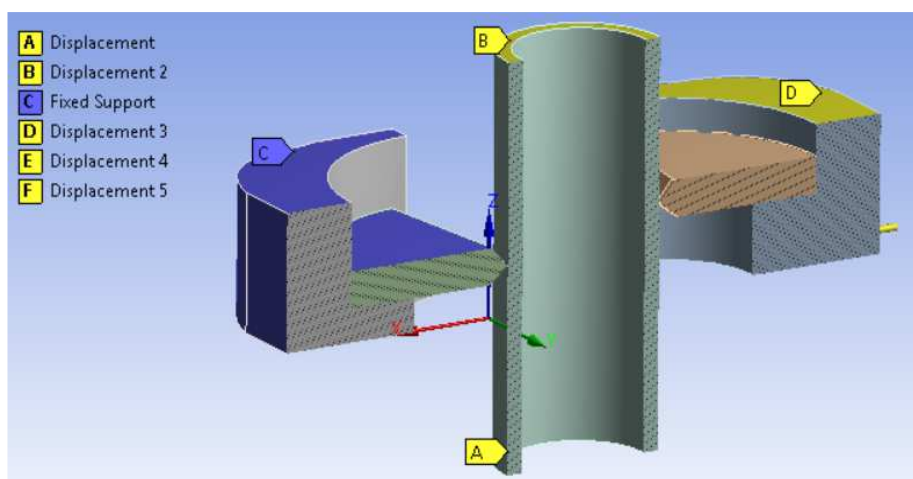


Рисунок 5 – Граничні умови, застосовані до досліджуваної моделі

На рисунках 6–8 наведено отримані результати досліджень.

З рисунка 6 видно, що переміщення при зминанні труби досягають найбільших значень в зоні контакту труби з лезами. Вони досягають величин порядку 70-100 мм, що свідчить про ефективність роботи плашок.

Еквівалентні пружні деформації в зоні контакту лез з трубою (рис. 7) складають 0,07-0,6 мм/мм.

Еквівалентні напруження Мізеса - Губера в зоні контакту лез з трубою (рис. 8) не перевищують 400-700 МПа, хоча в зоні різального леза вони можуть досягати 1200 МПа. Різальні леза виготовлені з високоміцної загартованої сталі і можуть витримати високі напруження без руйнування.

Розглянемо процес послідовно, розділивши перерізання труби на чотири етапи (рис. 9–12).

Перший етап передбачає початкову деформацію труби одним різакком (при цьому здійснюється проколювання труби різакком плашки). Напруження в тілі труби в межах 500-600 МПа створюють прогин в стінці труби, проте не повністю руйнують трубу.

Наступний етап передбачає початкову деформацію труби іншим різакком (проколювання труби другим різакком плашки). При цьому еквівалентні напруження Мізеса-Губера в трубі знаходяться в межах 400-600 МПа. Вони також створюють прогин в стінці труби, але також не руйнують трубу (рис. 10).

Наступний етап в процесі перерізання труби – сплющування труби двома різакками (рис. 11). На кінцевому етапі сплющування труби напруження в тілі на перевищують 500-600 МПа. При цьому стінки зближуються одна до одної до повного контакту в зоні дії плашок з лезами. Спостерігається помітна деформація лез плашок.

Нарешті, відбувається процес зминання труби різакками (рис. 12), який не призводить до повного перерізання труби, що може стати причиною раптового промивання труби в зоні зминання та початком процесу фонтанування свердловини. Саме такими були причини фонтанування на нафтовій платформі Deerwater Horizon на родовищі Макондо в Мексиканській затоці.

Таким чином, встановлено, що така конструкція різакка не забезпечує перерізання труби, а зминає її. Тому далі пропонується змінити конструкцію різакка, а саме удосконалити його різальну частину.

2 Імітаційне моделювання процесу перерізання бурильної труби модернізованими перерізуючими плашками превентора

На рисунку 13 наведено конструкцію модернізованого різакка.

На рисунках 14–16 наведено результати, отримані методом імітаційного моделювання.

З рисунка 14 видно, що переміщення при зминанні труби досягають найбільших значень в зоні контакту труби з лезами. Вони досягають величин порядку 80-130 мм, що свідчить про вищу ефективність роботи плашок.

Еквівалентні пружні деформаційні характеристики процесу різання труби в зоні контакту лез з трубою (рис. 15) складають 0,5-1,2 мм/мм, що є кращим в порівнянні з попереднім варіантом.

Еквівалентні напруження Мізеса-Губера в трубі та лезах різакка, досягаючи менших величин (порядку 400-600 МПа) порівняно з попереднім варіантом, забезпечують процес проколювання та повне перерізання бурильної труби (рис. 16).

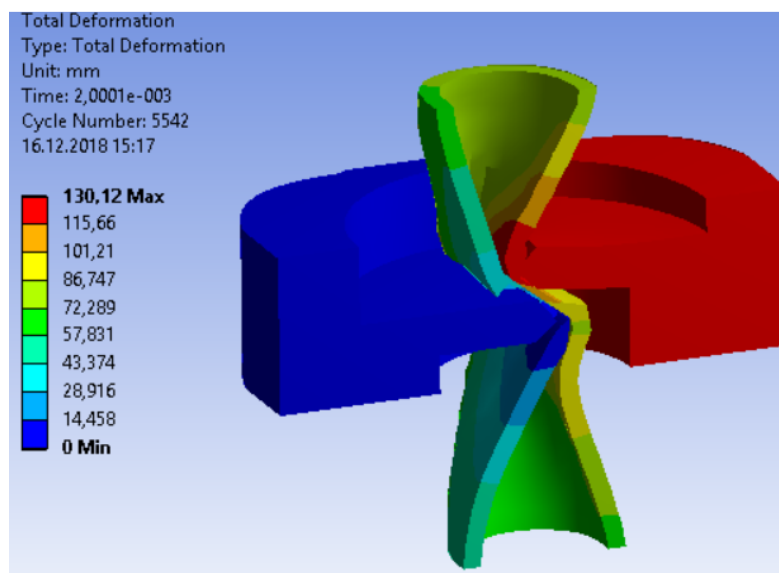


Рисунок 6 – Переміщення при зминанні труби

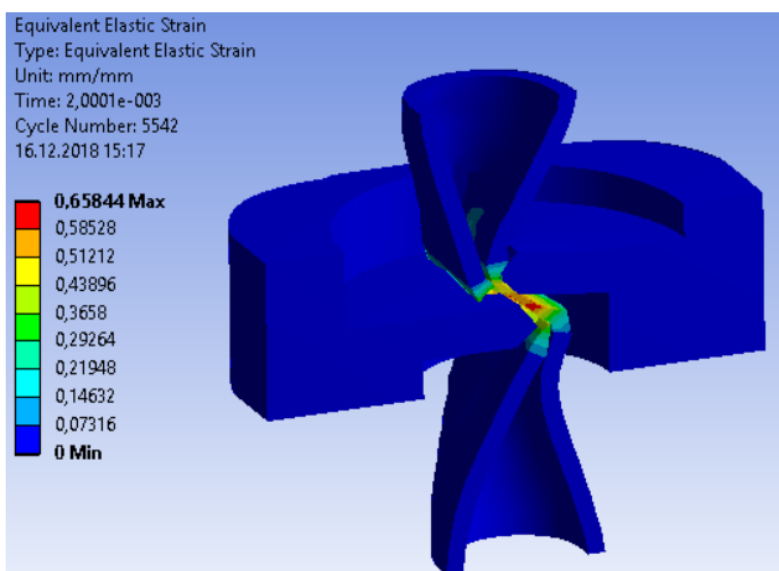


Рисунок 7 – Деформація бурильної труби

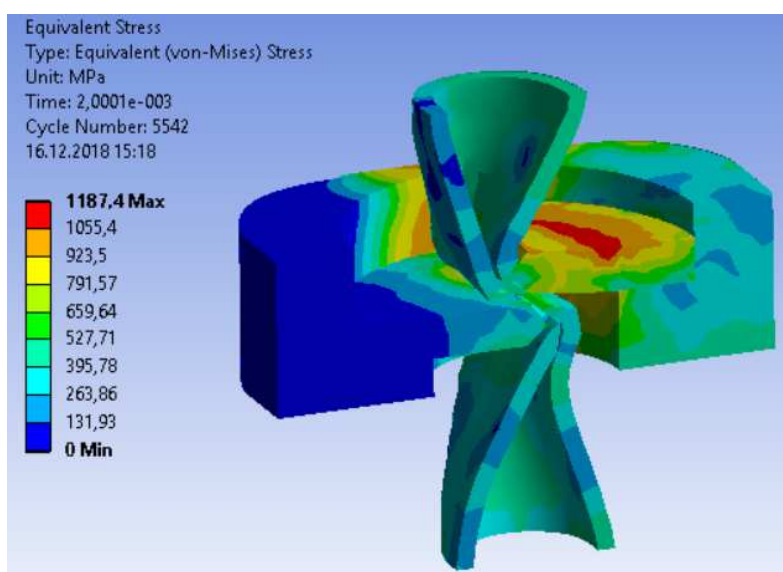


Рисунок 8 – Еквівалентні напруження в трубі та лезах

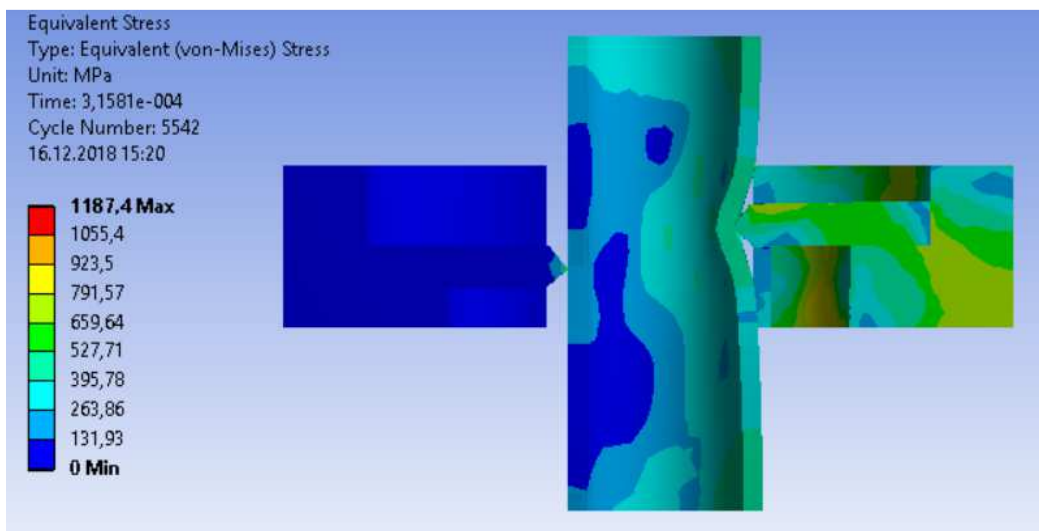


Рисунок 9 – Початкова деформація труби одним різаком (проколювання труби різаком плашки)

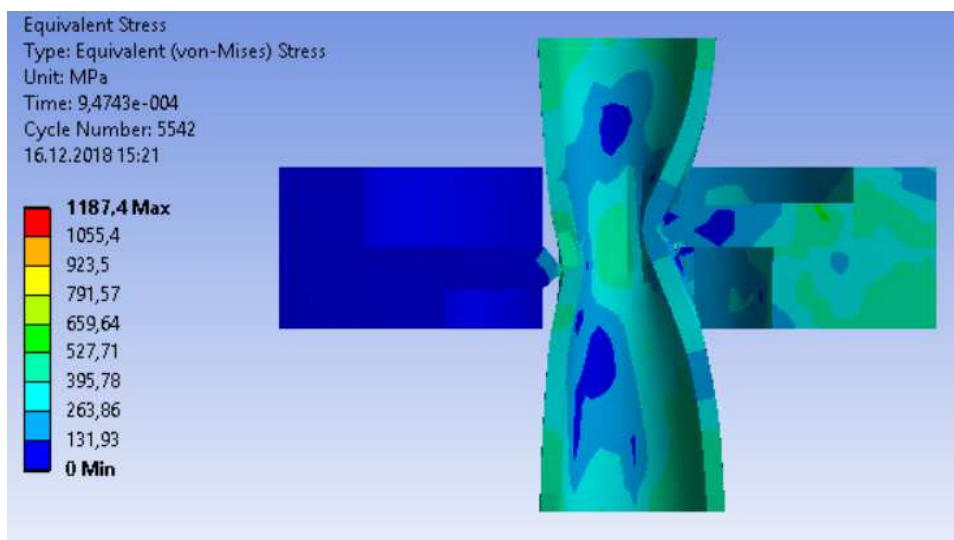


Рисунок 10 – Початкова деформація труби двома різакми (проколювання труби різакми плашки)

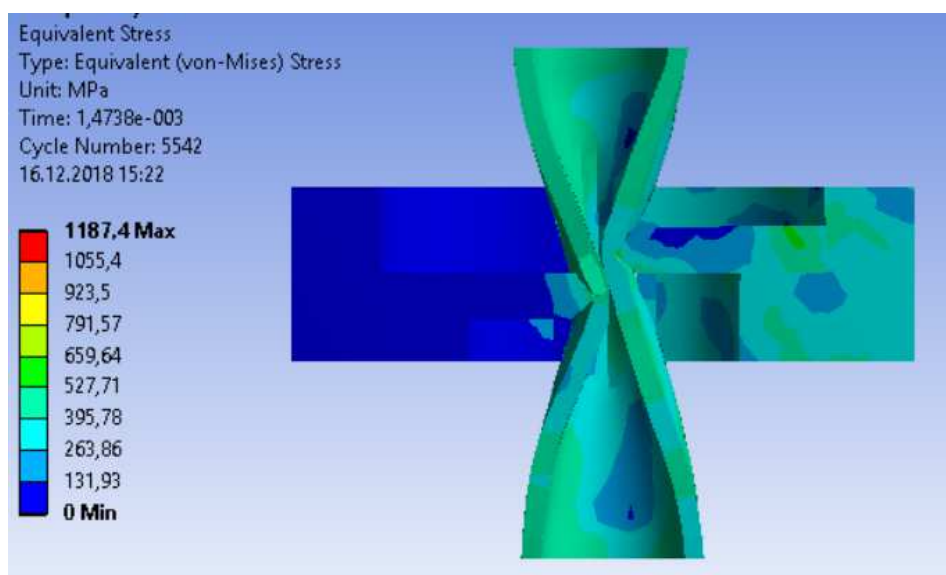


Рисунок 11 – Сплюснення труби різакми

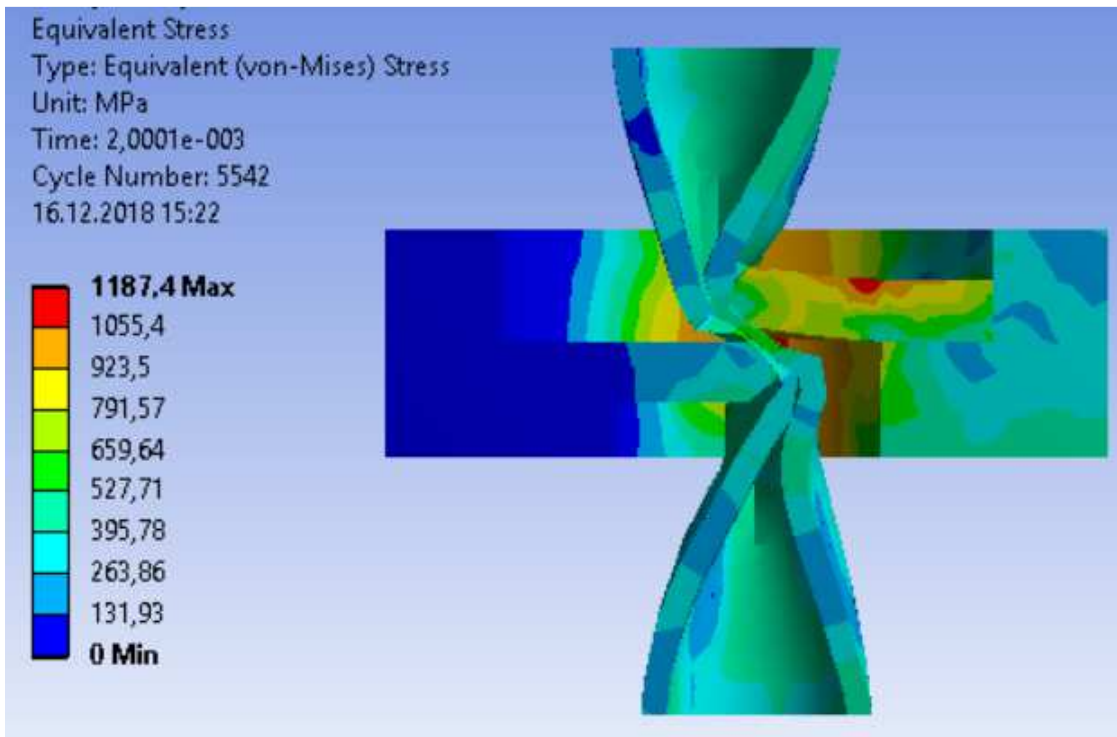


Рисунок 12 – Змінання стінок труби різакми

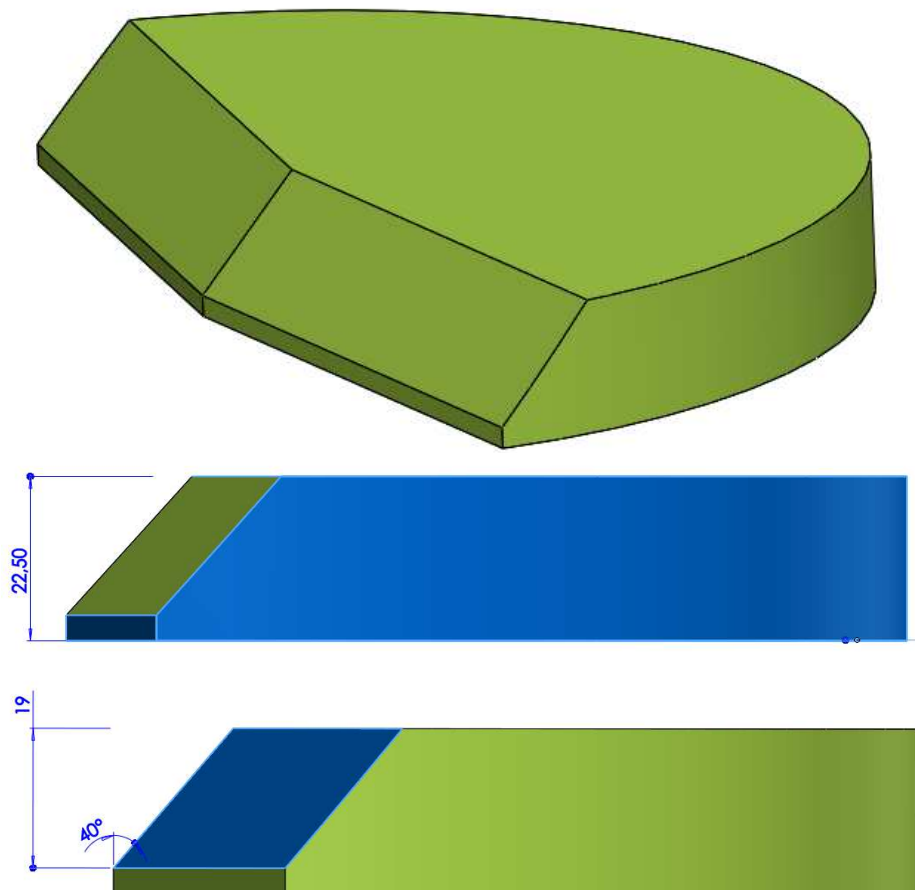


Рисунок 13 – Конструкція модернізованого різака

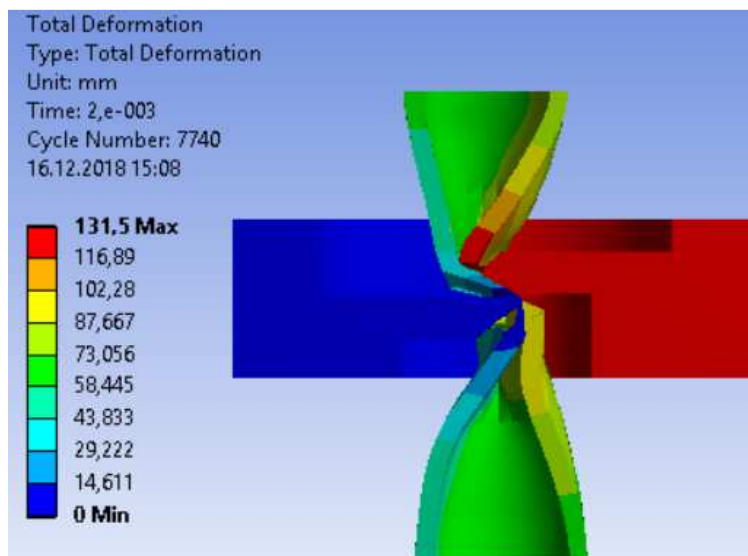


Рисунок 14 – Переміщення різака та стінок труби в зоні контакту

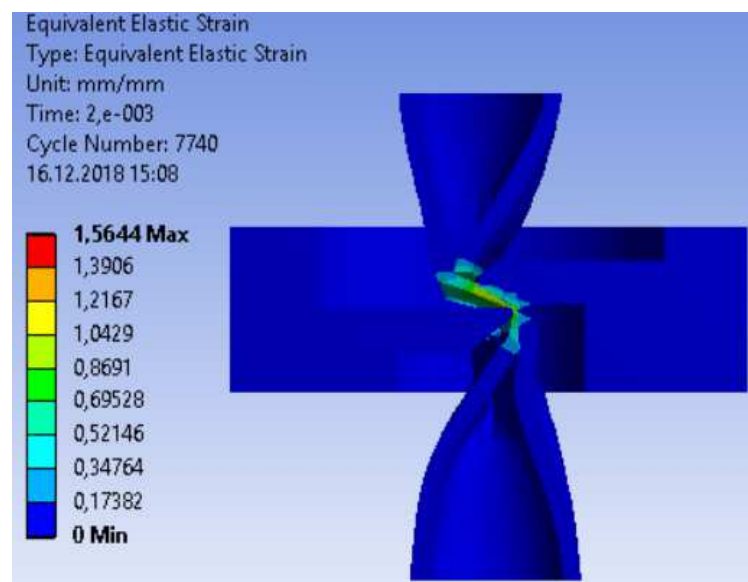


Рисунок 15 – Деформація бурильної труби

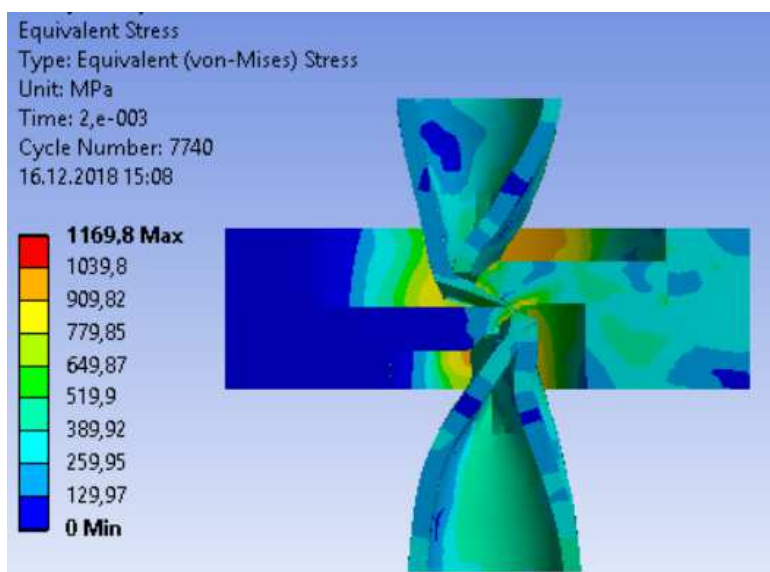


Рисунок 16 – Еквівалентні напруження в трубі та лезах різака

Висновок

Запропонована модернізація конструкції різача дає змогу перерізати бурильну трубу повністю. У неї, як і у попередньої конструкції, процес перерізання однаковий, але за рахунок форми різальних поверхонь не відбувається зминання труби, а перерізання. Проте, відмінністю цієї конструкції від закордонних є те, що у процесі перерізання труби спочатку відбувається її точкова деформація (проколювання) різачом. Саме це, на відміну від інших конструкцій, зменшує навантаження у початковий момент деформації труби на гідравлічні циліндри, а отже, зменшуються енергетичні затрати на цей процес, зменшується навантаження на інші елементи привода плашок превентора.

Напруження в елементах модернізованого превентора при ефективному перерізання бурильної труби зменшуються з 1100-1200 МПа до 900-1040 МПа, що є позитивним в даній конструкції. Подальші випробування вдосконаленої конструкції різача плашкового превентора дадуть змогу оцінити його ефективність в промислових умовах.

Література

1. Копей Б.В., Іванків Р.В., Мосора Ю.Р. Аналіз відмов морського противикидного обладнання. *Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ*. 2013. № 2 (47). С. 152-158.
2. Peter Lehner, Bob Deans. In *Deep Water: The Anatomy of a Disaster, the Fate of the Gulf, and How to End Our Oil Addiction*. 2010. 173 p.
3. Final Report on the Investigation of the Macondo Well Blowout. *Deepwater Horizon Study Group*, March 1, 2011. https://ccrm.berkeley.edu/pdfs_papers/bea_pdfs/DHSGFinalReport-March2011-tag.pdf

References

1. Kopey, BV, Ivankiv, RV & Mosora, YuR 2013, Analiz vidmov morskoho protyvykydnoho obladdannya [Use of fault tree analysis as method of pumping unit structural analysis]. *Rozvidka i rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch* [Prospecting and Development of Oil and Gas Fields]. no. 2 (47). pp. 152-158. (in Ukrainian)
2. Peter Lehner, Bob Deans 2010, In *Deep Water: The Anatomy of a Disaster, the Fate of the Gulf, and How to End Our Oil Addiction*. OR Books. 173 p.
3. Final Report on the Investigation of the Macondo Well Blowout. *Deepwater Horizon Study Group*, March 1, 2011. URL: https://ccrm.berkeley.edu/pdfs_papers/bea_pdfs/DHSGFinalReport-March2011-tag.pdf