

УДК 622.23.05

М.П. Калюш, науковий керівник доц. В.М.Сліденко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, м. Київ, Україна

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ГЕНЕРАТОРА КОЛИВАНЬ РЕЗОНАНСНОЇ ДІЇ

Анотація. Обґрунтування структури генератора коливань резонансної дії шляхом дослідження напружено-деформованого стану, зокрема визначенням розподілу максимальних напружень та коефіцієнта запасу міцності.

Аннотация. Обоснование структуры генератора колебаний резонансного действия путем исследования напряженно-деформированного состояния, в частности определением распределения максимальных напряжений и коэффициента запаса прочности.

Abstract. Rationale for the structure of the generator of vibrations of resonant action by examining the stress-strain state, including determining the distribution of maximum stress and safety factor.

Вступ. На сьогодні підвищення дебіту газових та нафтових свердловин в світі і, зокрема, в Україні є актуальною задачею.

Аналіз попередніх досліджень. Елементи конструкції генератора коливань резонансної дії, конструктивна схема якого з розташуванням в свердловині наведена на рис.1, знаходяться в умовах об'ємного напружено-деформованого стану під дією періодично діючих внутрішніх та зовнішніх тисків [1].

Мета роботи. Обґрунтування структури та параметрів напружено-деформованого стану генератора коливань який діє на пластову систему нафтогазової свердловини.

Матеріал і результати досліджень. Елементи конструкції генератора коливань мають форму тіл обертання, що обумовлено округлою формою поперечного перерізу свердловини, тому їх напружено-деформований стан розглянутий, в більшості, як для тіл циліндричної форми.

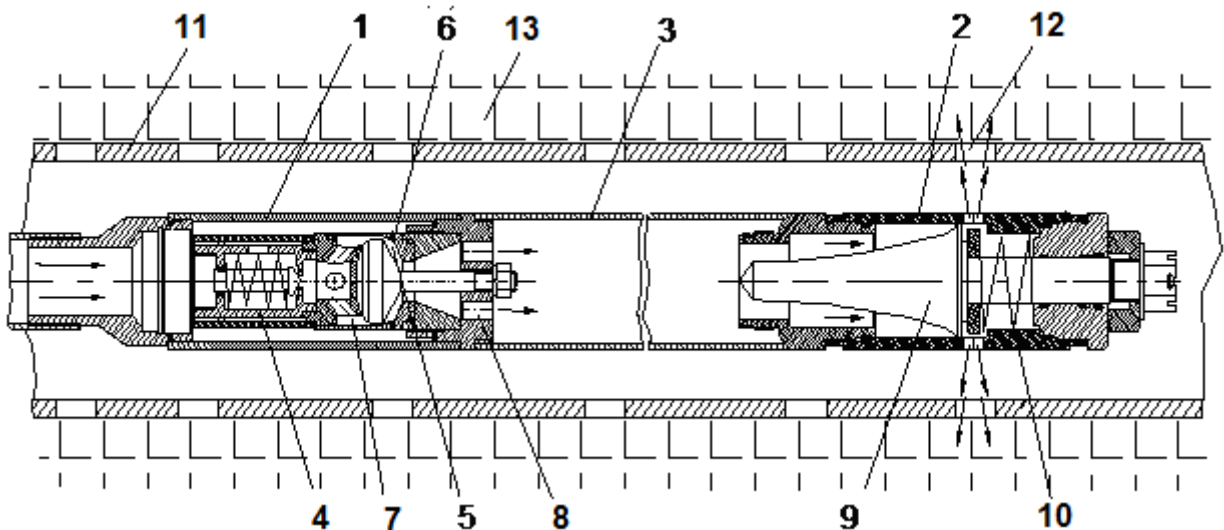


Рисунок 1 – Конструктивна схема генератора коливань та його установка в свердловині.

Конструктивна схема генератора (рис.1) включає наступні елементи: 1 – вихровий модуль, 2 – резонатор, 3 – хвилевід, 4 – клапанний блок, 5 - завихрювач, 6 – тангенціальні отвори, 7 - камеру інжекції, 8 – вихідні отвори, 9 – підпружинений золотник, 10 - пружні елементи. Генератор встановлюється в свердловині з обсадною колоною 11, в якій виконані перфораційні отвори 12 навпроти пластової системи 13. Найбільш напруженим елементом конструкції генератора є завихрювач 5, оскільки він містить тангенціальні отвори 6 для завихрення робочої рідини, які утворюють ефективну концентрацію напружень і суттєво впливають на напружено-деформований стан генератора, а отже на його надійність.

Для підвищення ефективності проектування деталей генератора коливань резонансної дії, зокрема, завихрювача, використано комп'ютерне моделювання з використанням інструменту Simulation Xpress оболонки SolidWorks [2].

Інструмент Simulation Xpress побудований на базі методу скінченних елементів. При розрахунках зазначаються обмеження для граничних умов на обраних елементах моделі для статичного аналізу та вказується тиск, що прикладений до обраних граней для активної механічної дії

Особливістю розрахункової схеми (рис.2) є її геометрична формозмінність від прямого зображення елемента (рис. 2, а) до скінченно-елементної моделі (рис. 2, б) і до результуючої комплексної параметричної форми з відображенням результатів розрахунку (рис. 2, в).

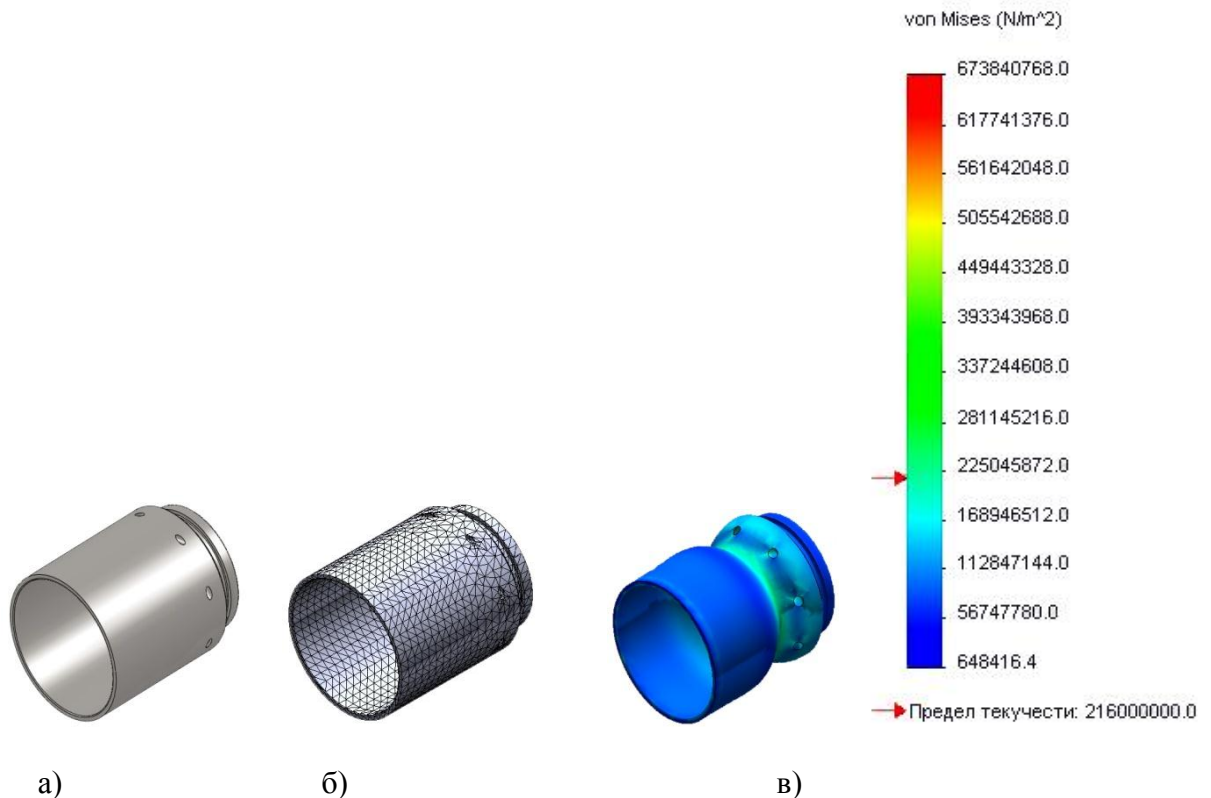


Рисунок 2 – Розрахункова схема завихрювача
а) модель, б) сітка методу скінченних елементів, в) розподіл напружень

В результаті розрахунку отримано розподіл максимальних напружень, переміщень та деформацій по всій довжині завихрювача.

При моделюванні завихрювача прийняті параметри свердловини з глибиною 4200 м. Бокові грані завихрювача прийняті з нерухомим закріпленням. На завихрювач ззовні діє тиск 48 МПа, який залежить від швидкості робочої рідини, що надходить від насосного агрегату, і становить 7 м/с. З внутрішньої сторони на завихрювач діє тиск 44 МПа, який в свою чергу залежить від завихрення робочої рідини, що складає до 80 м/с, та гідростатичного тиску на глибині 4200 м.

Також враховано температурний фактор, при якому на глибині 4200 м температура робочої рідини складає 45⁰С.

В результаті розрахунку за допомогою Simulation Xpress оболонки SolidWorks встановлено, що максимальні напруження, переміщення і деформація зосереджені в зоні переходу до отворів завихрення, а саме:

- максимальне напруження становить $\sigma_{\max} = 337.2 \text{ МПа}$;
- максимальне переміщення становить $2.8 \cdot 10^{-2}$ мм;
- максимальна деформація становить $10,5 \cdot 10^{-2}$ відносних одиниць.

Оскільки, завихрювач виготовляється із сталі 12Х18Н9Т (допустиме напруження $\sigma_{\text{доп}} = 540 \text{ МПа}$), то коефіцієнт запасу міцності складає 1,6, що забезпечує надійне функціонування завихрювача.

Висновки. Аналіз напружено-деформованого стану найбільш напруженого елемента конструкції генератора - завихрювача показав, що напруження, переміщення і деформації, які зосереджені в зоні тангенціальних отворів, знаходяться в допустимих межах і коефіцієнт запасу міцності складає 1,6.

Перелік посилань:

1. Патент України № 63072. Генератор коливань резонансної дії на нафтову свердловину/ М.П. Калюш, В.М. Сліденко, М.М. Бараняк, В.А. Смашний. – публ. 26.09.2011 року, Бюл. № 18.
2. Алямовский А. А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский, А. А Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И Харитонович, Н.Б. Пономарев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с.