

Наука — виробництву

УДК 621.882

УДОСКОНАЛЕННЯ УЩІЛЬНЮЮЧОГО ВУЗЛА ВИСОКОГЕРМЕТИЧНИХ МУФТОВИХ З'ЄДНАНЬ ОБСАДНИХ ТРУБ

Є.І.Крижанівський, І.І.Палійчук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42264
e-mail: public@nung.edu.ua

Предложен способ усовершенствования конструкции уплотнительного узла, который обеспечивает повышение герметичности и прочности муфтовых соединений обсадных труб за счет разделения назначения и свойств участков уплотнения и резьбы.

The refinement technique for the seal assembly guarantees the enhancement of the impermeability and strength of the couplings connections of the casing pipes. This technique eliminates the defects of the present connections designs due to the separation of the appointment and properties of their threads and sealing segments.

У процесі видобування нафти і газу застосовують обсадні колони з муфтовими різьбовими з'єднаннями. Ефективність їх використання, у першу чергу, залежить від міцності та герметичності з'єднань, на які впливає взаємодія елементів і ділянок труби та муфти.

Різьбові з'єднання конструктивно мають гвинтові канали у впадинах згвинченої різі, які є причиною найбільших втрат сировини. Негерметичність різей усувають заповнювачами на основі мастил різного складу, епоксидних смол, пластмас, "м'яких" металів. Але нанесення заповнювачів вимагає додаткових матеріальних витрат, спеціального обладнання, обслуговуючого персоналу, а в умовах будівництва свердловини це забезпечити складно і дорого.

Найбільш ефективно забезпечувати герметичність за рахунок ущільнюючого вузла, який міститься у з'єднанні і спрацьовує під час його згвинчування. При цьому труба і муфта взаємодіють між собою різьбовими ділянками, що забезпечує міцність з'єднання. Одночасно відбувається осове переміщення труби у муфту до взаємодії їх конічних ущільнюючих поверхонь, на яких виникає контактний тиск, і який повинен забезпечити герметичність. Але передбачена стандартом [1] конструкція такого з'єднання ОТГ з ущільнюючим вузлом має низку функціональних недоліків.

1 Причини порушення герметичності з'єднань обсадних труб ОТГ

Конічні (різьбові, ущільнюючі) поверхні мають властивість у випадку досягнення їх взаємодії зупиняти зустрічне переміщення з'єдну-

ваних труб. Після виготовлення діаметри цих поверхонь мають відхилення, допустимі стандартом. Це призводить до того, що під час згвинчування одна з конічних поверхонь (різьбова чи ущільнююча) взаємодіє раніше і перешкоджає взаємодії іншої. Наприклад, якщо труба має збільшений діаметр різі, то у процесі згвинчування її взаємодія з різьбою муфти відбувається раніше, ніж контакт в ущільненні, тому герметичність не досягається. У випадку більшого діаметра ущільнюючого пояса труби його взаємодія з муфтою настає швидше, у той час як взаємодія різьбових поверхонь може бути недостатньою для міцності з'єднання. Висока жорсткість стінок на ділянках труби перешкоджає їх радіальній деформації (стисканню) для компенсації збільшеного діаметра однієї з контактних ділянок.

Практика використання з'єднань ОТГ свідчить, що для забезпечення, у першу чергу, міцності з'єднання у різі і для уникнення заклинювання труби нехтують умовами контакту в ущільненні. Для цього у межах допусків розміри ущільнюючого пояса за діаметром і за конусністю у труби виготовляють заниженими, а у муфти – завищеними. У результаті щільність контакту у такому згвинченому з'єднанні не досягається і герметичність його не забезпечується, хоча розміри ущільнюючих поверхонь знаходяться у допустимих межах.

Таким чином, допустимі відхилення діаметрів різі та ущільнення можуть призвести до погіршення міцності або герметичності з'єднання. Тому такі з'єднання вимагають трудомісткого селективного підбору та одночасного

узгодження діаметрів конічних різьбових і ущільнюючих поверхонь муфти і труби.

Стандартом [1] передбачені відхилення розмірів під час виготовлення муфт і труб ОТТГ. Зокрема, на зовнішній діаметр встановлено допустимі відхилення $\pm 1,0\%$ для труб до 219 мм та $\pm 1,25\%$ для більших діаметрів. На товщину S стінок труб встановлено допустиме зменшення – до 12,5% (відхилення у мінус). Таким чином допускається збільшення внутрішнього радіуса труб на 2,5-3,2 мм – у середніх діаметрів 146, 168 мм та на 3,3-5,5 мм – у великих діаметрів (219, 245, 273 мм).

Внаслідок цього на ділянці ущільнення може відбуватись значне зменшення товщини стінки труби, оскільки зовнішній діаметр ущільнення виготовляють точно і контролюють калібром. У результаті за товщини стінки 9 мм труб діаметрами від 146 до 273 мм та за товщини 10 мм у 245 і 273 мм труб товщина t торця труби стає меншою за допустиму, яка встановлена стандартом (3 мм). Такі труби повинні відбраковуватись, хоча їх діаметр і товщина знаходяться у допустимих межах.

За розрахунками максимальна і мінімальна товщина стінки в ущільненні може відрізнятись в 1,5-1,9 рази у труб діаметрами від 146 до 194 мм та у 1,6-2,3 рази – у труб великих діаметрів. Різниця товщин тим більша, чим менша номінальна товщина труби. Внаслідок цього радіальна жорсткість стінок ущільнюючого пояса теж значно відрізняється навіть у з'єднаннях труб ОТТГ одного типорозміру, і, відповідно, виникає різний контактний тиск в ущільненні. Якщо він стане меншим за надлишковий тиск у свердловині, то з'єднання буде негерметичним.

Таким чином, відхилення розмірів труб ОТТГ викликають значне розсіювання товщини стінки в ущільненні, що негативно впливає на його герметичність.

2 Вплив конструктивних параметрів на контактний тиск в ущільненні

Величину контактної тиску в ущільненні з'єднань ОТТГ можна оцінити за пружним радіальним натягом [2]. За стандартом натяг утворюється тим, що діаметри контактних поверхонь труби є більшими, ніж муфти. Тому у процесі згвинчування муфта розширюється (розтискається), а труба стискається. Сума радіальних зміщень стінок муфти u_m і труби u_t дорівнює величині радіального натягу Δ_1

$$u_m + |u_t| = \Delta_1. \quad (1)$$

Радіальний натяг (перевищення радіуса труби над муфтою) за стандартом у різі становить $\Delta=0,250$ мм, в ущільненні – $\Delta_1=0,225$ мм. Якщо врахувати допустимі стандартом відхилення розмірів контактних поверхонь муфти, труби і осьового натягу під час згвинчування, то допустимі межі зміни радіального натягу становлять: у різі $\Delta=0,11...0,39$ мм, в ущільненні $\Delta_1=0,11...0,36$ мм. Як бачимо, незважаючи на підвищені вимоги до точності ущільнюючих поверхонь, внаслідок поєднання протилежних

допустимих відхилень муфти і труби радіальний натяг може змінюватись у широких межах.

Під час машинного згвинчування відбувається припрацювання (притирання) поверхонь різі з'єднання та зминання (незворотна пластична деформація) мікронерівностей, які залишились на її витках після нарізання. Внаслідок цього дійсний радіальний натяг у різі є меншим і, враховуючи коефіцієнт припрацювання $c=0,45...0,55$ для різей обсадних труб [2], становить $\Delta=0,05...0,21$ мм.

Припрацювання гладких поверхонь в ущільненні визначають за емпіричною формулою [2], яка враховує фактичну величину зминання мікронерівностей. Тому розраховані допустимі межі дійсного радіального натягу в ущільненні становлять $\Delta_1=0,03...0,28$ мм.

Контактний тиск P_K діє на поверхню муфти зсередини і викликає її радіальне зміщення u_m , яке визначають за формулою Ламе [2]

$$u_m = \frac{P_K d_{yn}}{2E} \left(\frac{D_M^2 + d_{yn}^2}{D_M^2 - d_{yn}^2} + \mu \right), \quad (2)$$

де: D_M і d_{yn} – діаметри муфти відповідно зовнішній і в ущільненні; E і μ – модуль пружності і коефіцієнт Пуассона матеріалу з'єднання.

Контактний тиск P_K діє на поверхню труби ззовні і викликає її радіальне зміщення u_t , яке можна знайти, враховуючи значно меншу товщину труби в ущільненні, за формулою [2]

$$u_t = \frac{P_K \cdot R_t^2}{E \cdot S_t}, \quad (3)$$

де S_t і R_t – товщина стінки і середній радіус труби в ущільненні.

Із формул (1-3) отримаємо вираз для оцінки контактної тиску P_K в ущільненні

$$P_K = \frac{\Delta_1 \cdot E}{\frac{d_{yn}}{2} \left(\frac{D_M^2 + d_{yn}^2}{D_M^2 - d_{yn}^2} + \mu \right) + \frac{R_t^2}{S_t}}. \quad (4)$$

Як бачимо, контактний тиск прямо пропорційно залежить від радіального натягу. Тому навіть за однакових розмірів муфти і труби максимальний і мінімальний контактний тиск в ущільненні може відрізнятись більш, як у 9 разів, внаслідок допустимої зміни натягу Δ_1 .

На рис. 1 зображено розрахункові значення контактних тисків в ущільненні за середнього натягу $\Delta_1=0,155$ мм для труб ОТТГ різних діаметрів залежно від товщини стінки. Контактний тиск є більшим для труб з більшою товщиною стінки. Він значно зростає із зменшенням діаметра труб, тому що при цьому збільшується відносна товщина стінки щодо радіуса, відповідно зростає радіальна жорсткість труби.

Якщо радіальний натяг досягне максимального допустимого $\Delta_1=0,28$ мм, то контактний тиск зросте більш, як у 1,8 рази. Від цього підвищиться крутий момент на подолання тертя в ущільненні, що призведе до перевитрат енергії під час згвинчування з'єднань. Якщо натяг зменшиться до мінімального $\Delta_1=0,03$ мм, то середній контактний тиск може пропорційно зменшитись

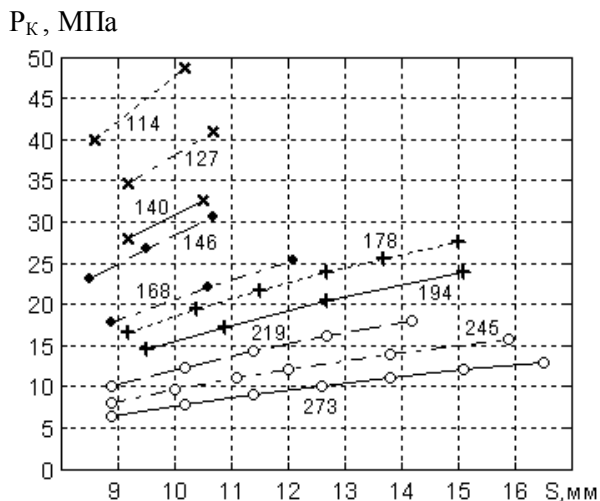


Рисунок 1 – Розрахункові контактні тиски P_K (МПа) в ущільненні з'єднань труб ОТТГ різних діаметрів (на графіку, мм) і товщин стінок S (мм)

у 5 разів. Відповідно, внаслідок пониження герметичності ущільнюючого вузла значно зменшується величина надлишкового тиску, яку витримає з'єднання ОТТГ у свердловині.

Контактний тиск в ущільненні значно залежить від товщини стінок з'єднання, яка визначає їх радіальну жорсткість. Зміна товщини труби через зміну її внутрішнього діаметра викликає значну різницю контактних тисків у з'єднаннях ОТТГ одного типорозміру. За розрахунками (4), якщо товщина стінки має найбільше допустиме значення, то внаслідок збільшення її жорсткості контактний тиск в ущільненні збільшується у середньому в 1,1-1,3 рази.

На рис. 2 зображено відносне зменшення контактного тиску в ущільненні внаслідок допустимого зменшення товщини стінки для труб ОТТГ різних діаметрів і товщини стінок. Тут враховано, що мінімально допустима товщина торця $t=3$ мм, і це прийнято у труб діаметрами від 146 до 273 мм з товщиною стінки 9 мм та у 245 і 273 мм труб з товщиною 10 мм. Бачимо, що зменшення товщини труби в ущільненні, навіть у допустимих межах, значно знижує герметичність з'єднань ОТТГ. Це особливо негативно проявляється у труб великих діаметрів, які застосовуються у газовидобувних свердловинах, де вимоги до герметичності дуже високі. Зрозуміло, що підвищити контактний тиск і герметичність ущільнюючого вузла можна збільшенням радіального натягу.

Отже, основною причиною зниження герметичності є значна зміна жорсткості стінки в ущільненні внаслідок неконтрольованого розсіювання діаметра внутрішньої поверхні труби. Вона пов'язана з особливістю технології виготовлення обсадних труб гарячим вальцюванням (прокатуванням) і складністю контролю цього діаметра. Вирішити проблему можливо за рахунок забезпечення постійної жорсткості стінки труби. Досягти цього можна розточуванням труб на ділянці ущільнення, наприклад, до допустимого стандартом внутрішнього діаметра

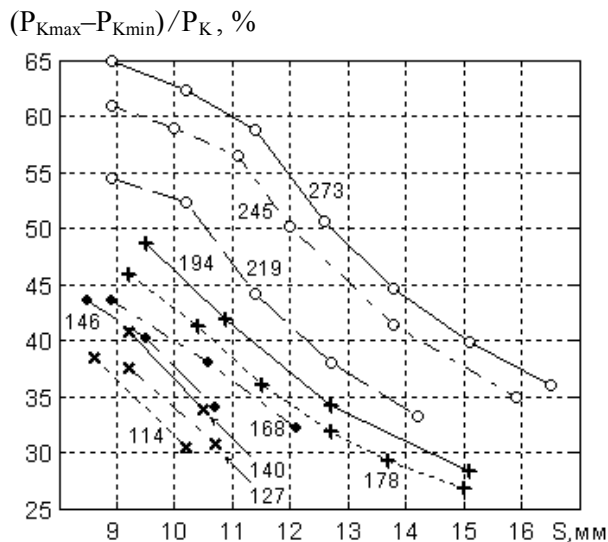


Рисунок 2 – Відносне зменшення контактного тиску P_K внаслідок допустимого зменшення товщини стінки в ущільненні з'єднань ОТТГ (на графіку: діаметри, мм; товщина труб S , мм)

незалежно від його відхилень з метою отримання постійної товщини стінки.

Формула (4) слугує лише для наближеної оцінки контактного тиску, оскільки вона не відображає конструктивних особливостей з'єднань ОТТГ. Між ущільнюючим пояском і різьбою труби розміщена дещо тонша ділянка канавки. Внаслідок різних товщин і натягів у різі та в ущільненні у процесі згвинчування труба на цих ділянках звужується на різну величину. У результаті на стінку канавки діє осесиметричний згин, якому вона чинить опір. Мірою цього опору слугує циліндрична жорсткість D_k стінки, яку визначають за формулою [2]

$$D_k = \frac{E \cdot S_k^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)}, \quad (5)$$

де S_k – товщина труби на ділянці канавки.

Завдяки власним жорсткості і згину стінки, канавка впливає на деформації труби в ущільненні і на розподіл тут контактного тиску. На неї впливають також деформації стінки у різі, які вона передає на ущільнення. Якщо товщина стінки канавки менша, вона є гнучкішою, більше деформується сама і менше впливає на суміжні ділянки. Якщо товщина труби на ділянці канавки велика, то її деформації, як і деформації різі, значно впливають на ущільнення.

Товщина стінки на ділянці канавки теж безпосередньо залежить від внутрішнього діаметра труби і внаслідок його відхилень змінюється у значних межах. На рис. 3 зображено відношення максимальної і мінімальної цих товщин для труб ОТТГ з урахуванням допустимої товщини торця. Циліндрична жорсткість (5) пропорційна товщині стінки у кубі. Це означає, що внаслідок допустимої зміни внутрішнього діаметра жорсткість стінок на ділянці канавки змінюється у 3...20 разів навіть у труб ОТТГ одного типорозміру. Відповідно, так само змінюється

вплив деформацій цієї ділянки на ущільнення, що зменшує тут контактний тиск і негативно впливає на герметичність. Найбільше це проявляється у обсадних труб великих діаметрів.

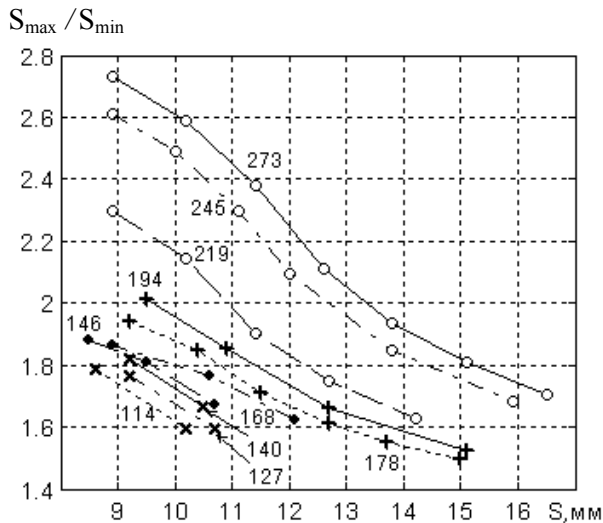


Рисунок 3 – Відношення найбільшої до найменшої товщини стінки на ділянці канавки у труб ОТТГ (на графіку: діаметри, мм; товщина S, мм)

Вирішити проблему можна шляхом забезпечення постійної товщини стінки на ділянці канавки, яка має бути незалежною від товщини труби, за рахунок розточування її внутрішньої поверхні.

3 Удосконалення конструкції ущільнення муфтових з'єднань обсадних труб ОТТГ

Спосіб удосконалення ущільнюючого вузла високогерметичних муфтових з'єднань обсадних труб ОТТГ запропоновано у винаході за патентом України № 76804. Мета винаходу – підвищити надійність і щільність прилягання ущільнюючих поверхонь у з'єднанні та зменшити жорсткість взаємозв'язку між ділянками різі і ущільнення для одночасного досягнення їх міцності і герметичності при згвинчуванні. Конструкція з'єднання зображена на рис. 4.

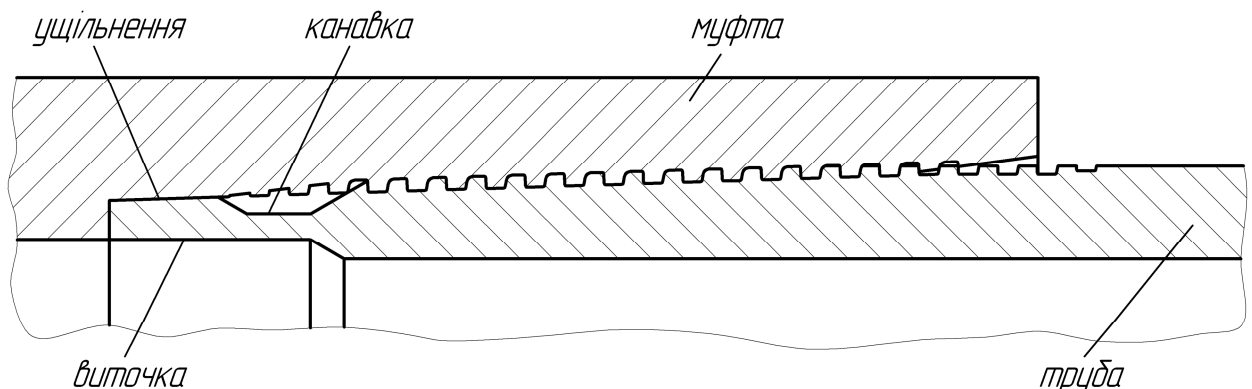


Рисунок 4 – Конструкція удосконаленого ущільнюючого вузла муфтового з'єднання обсадних труб ОТТГ за патентом України № 76804

Поставлена задача вирішується тим, що внутрішню поверхню труб розточують до постійного діаметра на довжині ущільнення і канавки, а канавку поглиблюють до меншої товщини стінки, ніж в ущільненні. Різна товщина цих ділянок забезпечує розділення їх властивостей та призначення внаслідок різних деформаційних характеристик.

Таким чином, у всіх труб отримують постійну товщину стінки ущільнення, але меншої жорсткості порівняно із ділянкою різі. Під час загвинчування це дає можливість кінцевому ущільнюючому пояску труби пружно стискатись (деформуватись у радіальному напрямку) від взаємодії з муфтою, що забезпечує герметичність і не перешкоджає подальшому затягуванню різі для досягнення міцності з'єднання.

Менша згинальна жорсткість ділянки канавки дає змогу компенсувати різницю радіальних деформацій між різбовою і ущільнюючою ділянками труби. Ця різниця виникає у процесі затягування різі внаслідок стискання ущільнюючого пояску і зменшення його радіуса порівняно з ділянкою різі, у результаті чого стінка канавки отримує кільцевий згин без пошкоджень.

Ефективність запропонованої конструкції ущільнюючого вузла муфтового з'єднання обсадних труб забезпечує підвищення герметичності і міцності з'єднання під час експлуатації в умовах свердловини. Економічність технології виготовлення такого вузла дає підстави рекомендувати удосконалення конструкції з'єднань труб нафтогазового сортаменту у державних стандартах.

Висновки

Запропоновано спосіб удосконалення ущільнюючого вузла муфтових з'єднань обсадних труб, який усуває недоліки відомих конструкцій. Нова конструкція забезпечує підвищення їх герметичності і міцності за рахунок розділення призначення та властивостей ділянок ущільнення і різі. Ефективність та економічність цього вузла дає підставу для внесення змін у державні стандарти.

Література

1 ГОСТ 632-80. Трубы обсадные и муфты к ним. Технические условия. – М.: Госстандарт, 1980. – 66 с.

2 Мочернюк Д.Ю. Исследование и расчет резьбовых соединений труб, применяемых в нефтедобывающей промышленности. – М.: Недра, 1970. – 136 с.

3 Патент № 76804, Україна, МПК E21B 17/02, F16L 15/00. З'єднання теплоподавальних труб / Є.І.Крижанівський, І.І.Палійчук. - Оpubл. 15.09.06, Бюл. № 9.

УДК 622.279 (477. 54)

СТАБІЛІЗАЦІЯ ВИДОБУТКУ ГАЗУ, КОНДЕНСАТУ ТА ВИЛУЧЕННЯ ПРОПАН-БУТАНОВОЇ ФРАКЦІЇ НА ЮЛІЇВСЬКОМУ НГКР

¹В.Б.Воловецький, ¹М.В.Фрайт, ²О.Ю.Витязь, ³О.М.Щирба

¹ГПУ “Харківгазвидобування”, 61166, м. Харків, пров. Інженерний, 1-А, тел. (057) 7195830

²ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42331
e-mail: public@nuing.edu.ua

³Український науково-дослідний інститут природних газів,
1125, м. Харків, Красношкільна наб., 20, тел. (057) 7300323

В статті акцентовано увагу на проблемі забезпечення стабільної добычи углеводородів. Для розв'язання цієї проблеми пропонується введення дожимної компресорної станції, встановлення газопроводу для подачі додаткового газу та впровадження низькотемпературної абсорбції. Застосування цих методів дозволить в першу чергу підтримувати стабільний рівень вилучення углеводородного конденсату, пропан-бутану, а також забезпечити подачу газу споживачу.

The article draws the attention to the problem of providing stable extraction of hydrocarbons. To settle this problem it is recommended to introduce booster compressor unit, to lay the gas pipeline for supplying additional amounts of gas and to apply the low temperature absorption. The implementation of these techniques will, at first, enable to maintain the stable level of elimination of hydrocarbon condensate and propane-butane and will provide gas supplying to the consumer.

В процесі розробки родовища на виснаження як у газовому, так і у водонапірному режимах із часом відбувається зниження пластового тиску, що призводить до зменшення кількості видобутого газу та вуглеводневого конденсату.

Подавання некондиційного газу в газопровід хоча б із одного родовища призводить до погіршення якості всього газу, який транспортується. Недостатнє очищення газу є також причиною зниження пропускної здатності газопроводів.

Юліївське нафтогазоконденсатне родовище розробляється на виснаження у газовому режимі. Тиски в свердловинах поступово знижуються, що впливає на видобуток газу та вуглеводневого конденсату.

Вирішення питань, пов'язаних із виявленням причин неякісної підготовки газу, розробкою і впровадженням нових технологічних процесів, спрямованих на покращення техніко-економічних показників роботи установок підготовки газу до транспортування, дасть змогу підвищити надійність роботи газотранспортних систем.

Одною з важливих проблем, від правильного вирішення якої залежать оптимальні техніко-економічні показники видобутку і подальшого транспортування газу по газопроводах, є вибір методу обробки газу на установках комплексної підготовки газу (УКПГ) на весь період розробки родовища. Установки підготовки газу призначені, по-перше, для підготовки газу до подальшого транспортування і, по-друге, для максимального вилучення вуглеводневого конденсату, який є цінною сировиною.

Підготовка газу на Юліївському НГКР здійснюється згідно з вимогами ДСТУ на УКПГ-2 методом низькотемпературної сепарації. При цьому для вилучення з газу скраплених вуглеводнів проводиться охолодження товарної продукції свердловин за допомогою турбодетандера, який значно знижує температуру сепарації газу для вилучення з нього пропан-бутанової фракції.

Від якості природного газу, який поступає з промислів, залежить робота газотранспортної системи [1].

На сьогоднішній день сепараційна установка УКПГ-2 забезпечує необхідну якість підготовки газу. Але надалі у разі збільшення кількості