**Улітін Геннадій Михайлович. Динаміка та стійкість бурильних колон бурових установок роторного типу: дисертація д-ра техн. наук: 05.02.09 / Національний гірничий ун-т. - Д., 2003**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Улітін Г.М. Динаміка та стійкість бурильних колон бурових установок роторного типу. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.09 – “Динаміка та міцність машин”. – Національний гірничий університет, Дніпропетровськ, 2003.  В дисертації захищаються наукові положення, спрямовані на проведення технічних розрахунків з динаміки та стійкості бурильних колон бурових установок роторного типу. Розроблені та досліджені математичні моделі взаємовпливу коливальних процесів і взаємодії колон із промивної рідиною. На основі точних розв’язків для систем із розподіленими та зосередженими параметрами методом Фур’є, коли власні функції ортогональні з вагою, вивчені поздовжні та крутильні коливання бурильних колон. Визначені власні частоти поперечних коливань бурильної колони при розтязі-стиску. Проведена класифікація ударних процесів у бурових установках, побудовані та досліджені їх математичні моделі. З використанням функцій Бесселя і Ломмеля розв’язані задачі теорії стійкості колон, що зазнають розтягу-стиску. На основі точних розв’язків проведені оцінки наближених інженерних розрахунків.  Методики розрахунків на ударні навантаження та з оптимальних режимів буріння впроваджені у виробництво, що дозволяє проводити безаварійне буріння і виконувати розрахунки для ловильних пристроїв, якщо аварія відбулася, і потрібно ліквідувати її наслідки. | |
| |  | | --- | | Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою, в якій виконана розробка теорії динамічних процесів і стійкості бурильних колон бурових установок роторного типу, що грунтується на дослідженні механічної системи з розподіленими та зосередженими параметрами і стійкості колони як вагомого стержня при розтязі-стиску. Результати досліджень лягли в основу практичних рекомендацій по проектуванню і технологічним режимам буріння колон. Крім того, її методи можуть бути використані для механічного устаткування, яке має пружні стержньові системи, зокрема, для колон бурових установок інших типів.  Основні наукові та практичні результати, висновки і рекомендації виконаних досліджень полягають у наступному:  1. На основі отриманої математичної моделі сумісних коливань бурильних колон проведено аналіз взаємовпливу поздовжніх, поперечних і крутильних коливань. Доведено, що крутильні коливання є відокремленими, поперечні коливання практично не впливають на поздовжні, та поздовжні можуть викликати параметричний резонанс поперечних коливань. Проте в колоні при розтязі динамічна область нестійкості достатньо вузька, і тому на практиці буріння для установок роторного типу такий параметричний резонанс не відбувається.  2. Досліджено вплив опору промивної рідини на напружено-деформований стан і стійкість бурильних колон, у тому числі розв’язана нова задача про лобовий опір обтяжувачів. Показано, що цей вплив для бурових установок системи “WIRTH” незначний.  3. Розглянуто застосування методу Фур’є для систем із розподіленими та зосередженими параметрами, які є моделлю бурового устаткування: вишка – талева система – бурильна колона – обтяжувачі з долотом, коли власні функції ортогональні з вагою. Це дало можливість розв’язати ряд нових задач у динаміці бурильних колон.  4. На основі точного розв’язання рівняння поздовжніх коливань механічної системи виконані оцінки спрощених інженерних методів динамічних розрахунків. Із порівняння витікає, що вплив вишки та її жорсткості можна не враховувати, жорсткість талевої системи повинна враховуватись при глибинах буріння менше 500 м, для глибин буріння більше 800 м впливом талевої системи можна знехтувати. Оцінки розповсюдженої теорії про заміну системи з розподіленими параметрами дискретною показали, що це спрощення допустиме тільки для основної частоти коливань і глибин менше 600 м.  5. Досліджені вимушені поздовжні та крутильні коливання бурильних колон із урахуванням талевої системи й ваги обтяжувачів із долотом. Показано, що динамічні напруження при поздовжніх при поздовжніх коливаннях зростають із збільшенням глибини буріння і незначно залежать від жорсткості талевої системи та кутової швидкості обертання колони. Із розв’язку задачі про вимушені крутильні коливання витікає, що максимальні дотичні напруження зменшуються зі збільшенням глибини буріння та зменшенням ваги обтяжувачів.  6. Розв’язана нова задача визначення власних частот згинальних коливань бурильної колони, що зазнає розтягу-стиску. Аналіз виконаних розрахунків показав, що розтяг збільшує частоти коливань особливо при глибинах більше 50 м. Порівняння з частотами, обчисленими за відомою наближеною формулою для окремого випадку розтягу, показало що різниці значні (до 100%) для малих глибин буріння. Із збільшенням глибин і для високих обертонів коливань вони зменшуються.  7. Проведена класифікація ударних процесів у бурових установках і виконано дослідження їх математичних моделей, що раніше в літературі наводилось тільки для деяких окремих випадків крутильного удару. На основі проведених досліджень дається ряд рекомендацій з технологічних питань буріння вертикальних свердловин роторним способом.  8. Вперше отримані аналітичні розв’язки задач про поздовжні та крутильні удари на основі хвильової теорії дозволили отримати зручні формули для інженерних розрахунків і провести оцінки наближених методів розрахунку на практиці. Обчислення показали, що похибки наближених методів обчислення напружень, викликаних змінюванням швидкості, досягають 40%.  9. Вперше отримано рівняння зігнутої осі колони як вагомого стержня в спеціальних функціях Бесселя і Ломмеля. Це дало можливість розв’язати задачу стійкості з різними граничними умовами та з урахуванням спряження розтягнутого і стиснутого участків колони. Такий підхід дозволив зробити оцінку наближеного методу розв’язання задач стійкості, коли розподілене навантаження замінюється зосередженим, і отримати формули для критичних навантажень при великих глибинах буріння, що раніше в літературі виконувалось тільки чисельними методами.  10. Проведено дослідження впливу крутячого моменту і кутів закручування на стійкість бурових колон. Вперше показано, що урахування закручування колони як пружного вагомого стержня суттєво зменьшує значення критичного моменту (у 2,35-6 разів) в залежності від глибини буріння. Крутячий момент на роторі на стійкість колони практично не впливає.  11. Розв’язана нова задача про динамічну стійкість бурильної колони з урахуванням розподіленого від ваги навантаження при жорсткому защемленні торців. Визначені критичні швидкості обертання колони, які відрізняються від наближених у 1,5 рази.  12. Результати роботи по динаміці поздовжніх коливань лягли в основу динамічного розрахунку ловильного пристрою, за допомогою якого були ліквідовані наслідки надто рідкої, нестандартної аварії при прохідці шахтного вентиляційного ствола на шахті “Краснолиманська” в 1999 р. Практичний досвід витягання відірваного бурильного інструмента з достатньою точністю підтвердив теоретичні розробки.  13. Результати розглянутих задач із динаміки крутильних, поперечних коливань і стійкості бурильних колон лягли в основу рекомендацій по вибору оптимальних режимів буріння при різних глибинах. Це дозволило раціонально задавати швидкості обертання колони, натяги канатів талевої системи та час навантаження ротора, щоб запобігти втраті стійкості прямолінійної форми колони і додадковим динамічним напруженням.  14. Наочність застосування методу Фур’є в системах із розподіленими та зосередженими параметрами дозволяє використовувати такий підхід для розв’язання задач динаміки стержньових систем у навчальному процесі при викладанні спецкурсів для магістрів. | |