

NEW APPROACHES IN IMPLEMENTING SOFTWARE TO TRAIN SPECIALISTS IN SPECIALISM AREA 185 «OIL-AND-GAS ENGINEERING AND TECHNOLOGIES» AT DNIPRO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Ye. Koroviaka^{1}, V. Biletskyi², V. Rastsvietaiev¹, T. Kaluzhna¹, V. Yavorska¹*

¹Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

²National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

**Corresponding author: koroviaka.ye.a@nmu.one*

Abstract. In the field of hydrocarbon energy production, cooperating on an ongoing basis with specialized Higher Education Institutions (HEIs), the relevant companies in Ukraine and the world are trying to constantly create and maintain the necessary reserve of young highly qualified personnel who will come to work in these companies tomorrow, and will depend on their level of training, specific results of activities. Taking into account the reality of today's labor market, when graduates of HEIs are not often able to apply the acquired knowledge in practice and are trained on outdated technologies, do not have modern professional tools, these specialized companies are trying to do their best to change the situation. They try to create conditions for high-quality teaching of students, helping to introduce new innovative technologies into the educational process, sharing their practical knowledge and skills, which, combined with competent theoretical training, allow the student to leave the walls of HEIs, prepared for the real conditions of doing business. Within their competence, these specialized companies carry out a lot of work to bring education, science and real production closer together by actively declaring their staffing needs, participating in the development of uniform educational standards, providing students and teachers with the opportunity to use modern software to improve the quality of student training, including specialties 185 «Oil and Gas Engineering and Technologies», in particular within the study at Dnipro University of Technology.

Key words: training software, oil-and-gas engineering and technologies.

НОВІ ПІДХОДИ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 185 «НАФТОГАЗОВА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ» В НТУ «ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Є. Коровяка^{1}, В. Білецький², В. Расцветаєв¹, Т. Калюжна¹, В. Яворська¹*

¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» Харків, Україна

**Відповідальний автор: koroviaka.ye.a@nmu.one*

Анотація. В галузі видобування вуглеводневих енергоносіїв, співпрацюючи на постійній основі з профільними Зкладами вищої освіти (ЗВО), відповідні компанії України і світу намагаються постійно створювати та підтримувати необхідний резерв молодих висококваліфікованих кадрів, які вже завтра придуть на роботу в ці компанії, і від рівня їх підготовки будуть залежати конкретні результати діяльності. З огляду на реальність сьогоdnішнього ринку праці, коли випускники ЗВО не здатні часто застосувати отримані знання на практиці та навчені на застарілих технологіях, не володіють сучасним професійним інструментарієм, ці профільні компанії намагаються робити все можливе для того, щоб змінити ситуацію, що склалася. Вони намагаються створювати умови для якісного навчання студентів, допомагаючи впроваджувати нові інноваційні технології в навчальний процес, ділячись своїми практичними знаннями і навичками, які в поєднанні з грамотною теоретичною підготовкою дозволяють студенту вийти зі стін ЗВО, підготовленим до реальних умов ведення бізнесу. В рамках своєї компетенції ці профільні компанії проводять велику роботу по зближенню освіти, науки і реального виробництва за допомогою активної декларації свої

кадрових потреб, участі в розробці єдиних освітніх стандартів, надання студентам і викладачам можливості застосовувати найсучасніше програмне забезпечення для підвищення якості підготовки студентів, у тому числі спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології», зокрема в межах навчання у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

Ключові слова: програмне забезпечення для підготовки фахівців, нафтогазова інженерія та технології.

Вступ

При вивченні явищ і технологічних процесів, що відбуваються в природі, техніці і суспільстві студенти, як майбутні фахівці, за допомогою наукових підходів повинні оволодіти навичками застосування методу моделювання цих явищ.

Моделювання – це метод дослідження явищ і процесів, що ґрунтується на заміні конкретного об'єкта досліджень (оригіналу) іншим, подібним до нього (моделлю). Моделювання в широкому сенсі – це особливий пізнавальний процес, метод теоретичного та практичного опосередкованого пізнання, коли суб'єкт замість безпосереднього об'єкта пізнання вибирає чи створює схожий із ним допоміжний об'єкт-замісник (модель), досліджує його, а здобуту інформацію переносить на реальний предмет вивчення. При цьому вивчення явищ на моделі можна здійснити значно простіше і повніше, ніж в натурі.

Однак результати експериментів на моделі можуть бути використані для рішення задач практики тільки у випадку, якщо при проведенні експериментів додержуються визначених законів моделювання.

Моделювання – складна, трудомістка і відповідальна наукова задача. Іноді дослідження за допомогою моделей є єдиним можливим способом експериментального вивчення технологічних процесів. Так процеси, які тривають багато років, можна вивчати на моделях протягом короткого проміжку часу. І навпаки, швидкоплинні процеси вивчаються на моделях протягом більш довгого часу.

Моделювання – це метод, а модель – форма, засіб наукового пізнання. До моделювання звертаються тоді, коли досліджувати реальний об'єкт з усією сукупністю його властивостей недоцільно, незручно або неможливо.

Моделювання у інженерії має на меті, по-перше, створення спрощених, але адекватних відображень-моделей технологічних процесів і пристроїв, по-друге, вивчення технологічних процесів та поведінки деталей і пристроїв за допомогою одержаних моделей і, по-третє, прогнозування їх результатів за різних умов, при зміні характеристик сировини що переробляється, проектуванні інженерних об'єктів, розробці раціональних та оптимальних технологічних режимів, автоматичному керуванні процесами тощо.

Об'єктами моделювання при видобуванні і переробці вуглеводневої сировини (нафти, газу, конденсату) можуть бути геологічні об'єкти, машини і апарати для буріння свердловин та їх експлуатації, транспортні системи і технології, технологічні операції і схеми по переробці вуглеводневої сировини на нафто-, газопромислах, нафто- і газопереробних заводах, установках комплексної підготовки газу (УКПГ).

Моделювання різних фізичних процесів виходить з подібності явищ, що розглядаються. Два явища називаються подібними, якщо за характеристиками одного можна одержати характеристики іншого шляхом простого перерахунку. Умовами або критеріями подібності двох явищ є рівності деяких безрозмірних параметрів, які називаються числами або критеріями подібності. Визначення критеріїв подібності при моделюванні процесів, що вивчаються, потребує глибокого знання механізму цих процесів і є досить важкою задачею. При вирішенні цієї задачі усі досліджувані процеси слід розділяти на дві суттєво різні групи.

До першої групи потрібно віднести процеси і явища, які можна описати рівняннями, до другої, яка становить найбільший інтерес, – процеси і явища, які ще не мають математичного опису. У випадках, коли рівняння досліджуваних процесів невідомі, числа подібності можна

знайти за теорією розмірностей. При наявності диференціальних рівнянь досліджуваних процесів числа подібності легко визначаються, як коефіцієнти рівнянь, які представлені в безрозмірному вигляді. Природно, що одержання критеріїв подібності за наявності рівнянь значно простіше, ніж за їх відсутності. Тому теорію розмірностей в першу чергу слід застосовувати для отримання критеріїв подібності тільки при дослідженні процесів, які не мають математичного опису. Ефективність процесів видобування і первинної переробки мінеральної сировини, зокрема нафти і газу, в багатьох випадках визначається ефективністю експериментальних робіт як у лабораторних, так і у промислових умовах.

Експеримент у інженерії, і, зокрема, нафтогазовій інженерії є джерелом нової інформації. Рациональне планування експерименту полягає у такій тактиці виконання робіт, яка давала б максимальну інформацію при обмеженому числі дослідів або дозволяла б виконати мінімальне число дослідів для рішення поставлених задач. Оптимальність експерименту зводиться до використання спеціальних планів і стиску інформації – представленню її у вигляді моделей, під якими частіше за все розуміють деяку сукупність рівнянь, що описують процес. Отримання моделі дозволяє пояснити властивості процесу, а також забезпечити подальшу роботу, яка полягає у відшукуванні найкращого результату або режиму.

Вибір оптимальної технологічної схеми підприємства є головною задачею, яка вирішується при проектуванні підприємства і визначає ефективність його подальшої експлуатації. Труднощі вірного розрахунку і вибору схеми полягають у відсутності достатньої і достовірної інформації про технологічні властивості сировини і параметри апаратів, які працюють на даній сировині. Тому при проектуванні нової установки, апарата тощо дослідження проводять у декілька етапів, при цьому основним методом досліджень є метод фізичного моделювання. Попередні дослідження вибраних схем виконують в лабораторних умовах і на лабораторному обладнанні. В лабораторних умовах використовують плановий повний і дробовий факторні експерименти, які дозволять значно скоротити обсяг досліджень і отримати статистичну модель у вигляді полінома.

Наступним етапом є напівпромислові дослідження оптимального варіанта процесу, після чого результати досліджень перевіряють на промисловому об'єкті. У промислових умовах застосовуються еволюційне планування, адаптаційні і евристичні методи одержання моделей, дисперсійний, регресійний і кореляційний аналіз. В узагальнюючих роботах використовують аналітичні математичні моделі.

Дослідження тільки на основі фізичної моделі (стенду, полігонної установки тощо) – процес трудомісткий, дорогий і тривалий.

Математичне моделювання у порівнянні з фізичним вносить гнучкість, достовірність і швидкість. Воно дозволяє без суттєвих витрат імітувати на комп'ютері різноманітні варіанти технологій, навантажень на апарати, їхні типорозміри і т.п. При цьому статистичне математичне моделювання передбачає попередні експериментальні дослідження, органічно пов'язане з ними, так як без експериментальних даних, які дають інформацію про об'єкт моделювання, апарат, умови процесу, моделювати технологічну схему неможливо. Основна вимога до математичної моделі – можливість технологічного розрахунку функцій відгуку для операцій, що досліджуються.

Враховуючи вищезазначене, необхідно констатувати, що в умовах сьогодення переважна більшість процесів моделювання виконуються за допомогою відповідного програмного забезпечення. Тому починаючи з 2019 року, після відкриття відповідної освітньої програми, у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» є можливість виконувати моделювання в межах підготовки фахівців спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології». Цьому сприяла плідна робота співробітників кафедри нафтогазової інженерії та буріння, керівництва університету та відповідні домовленості з виробниками цих спеціальних програм і подальшим наданням гранту щодо програмного забезпечення для підвищення якості підготовки студентів спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології» (рис. 1).

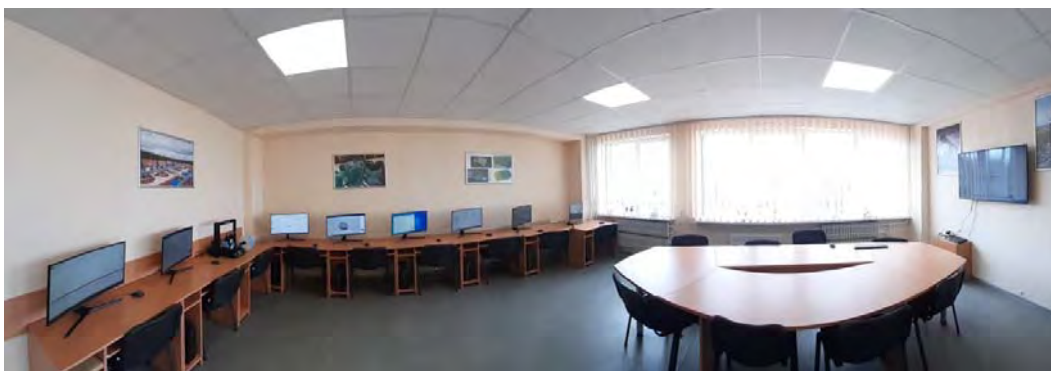


Рисунок 1 – Комп’ютерний комплекс для спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології» в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка»

Виклад основного матеріалу

Станом на 2020-ті роки провідним пакетом програмного забезпечення в нафтогазовій галузі, який дозволяє моделювати весь технологічний ланцюг процесів видобутку від продуктивного пласта до систем поверхневого облаштування, є серія програм Petex IPM (Petroleum Experts Integrated Production Modelling – Інтегроване Моделювання Розробки від Petroleum Experts) [1, 2, 3]. Назва «Petex» від назви компанії-розробника Petroleum Experts.

Серія програм Petex IPM поєднує програми GAP, PROSPER, MBAL, REVEAL і PVTP і постійно доповнюється та вдосконалюється.

Використовуючи Petex IPM студент та/або інженер, за наявними геологічними та промисловими даними, може створювати комплексні моделі родовищ, виконувати попередню адаптацію моделей пласта, свердловин і системи трубопроводів. Petex IPM дозволяє оптимізувати всю систему і використовувати модель для прогнозу видобутку. Ресурс RESOLVE (RESOLVE IPM – контролер IPM, сполучна ланка між IPM і програмами сторонніх розробників) розширює інтеграцію, контроль і оптимізацію для родовищ які включають моделі пласта-колектора і системи промислової підготовки, виконані в програмних пакетах сторонніх розробників.

Програми, що входять до складу IPM дозволяють отримати швидкі надійні результати і прийняті в якості галузевого стандарту найбільшими операторами по всьому світу. Понад 320 нафто- і газодобувних, а також сервісних компаній, використовують IPM у усьому світі [3].

Використання OpenServer дозволяє безпосередньо підключати додатки IPM до технологічних процесів компанії, що дозволяє більш ефективно організувати схему роботи.

Petex IPM забезпечує:

- швидку і надійну оптимізацію та прогноз видобутку вуглеводневих флюїдів;
- моделювання одно- або багатоклекторних покладів з гідродинамічним зв’язком;
- моделювання багатовибійних і горизонтальних свердловин з урахуванням втрат тиску в горизонтальній секції стовбура, а також з урахуванням взаємовпливу перфорованих інтервалів свердловини;
- проектування і діагностика свердловин з механізованим видобутком, включаючи свердловини з електро-відцентровими, гідропоршневими, гвинтовими, струминними і штанговими насосами, а також свердловини з постійним і періодичним газліфтом;
- детальне проектування і розрахунок технічних показників роботи трубопроводів: режим течії, розміри і частоту водяних або газових пробок, аналіз стійкості течії;
- моделювання систем поверхневого облаштування: мережі трубопроводів, насосних і компресорних станцій, багатотрубних і замкнутих нафтозбиральних систем;
- моделювання свердловин, оснащених пристроями управління припливом (ICD, ICV).

Кореляції розроблені Petroleum Experts визнані кращими в своєму класі і дозволяють отримати стійкі рішення для найбільш складних випадків експлуатації нафтогазовидобувних підприємств. RESOLVE IPM – Контролер IPM. Сполучна ланка між IPM і програмами

сторонніх розробників RESOLVE дає можливість з'єднувати і здійснювати централізований контроль декількох додатків, аналізувати і оцінювати вплив на прогноз видобутку всіх заходів на родовищі, від свердловин до систем переробки і економіки проекту. Дозволяє оптимізувати всю систему – системи видобутку і нагнітання – одночасно з вивченням маршрутизації. Кожна програма працює автономно, в той час як RESOLVE відповідає за синхронізацію, передачу даних, черговість завдань, представлення результатів, збір даних і глобальну оптимізацію (рис. 2).

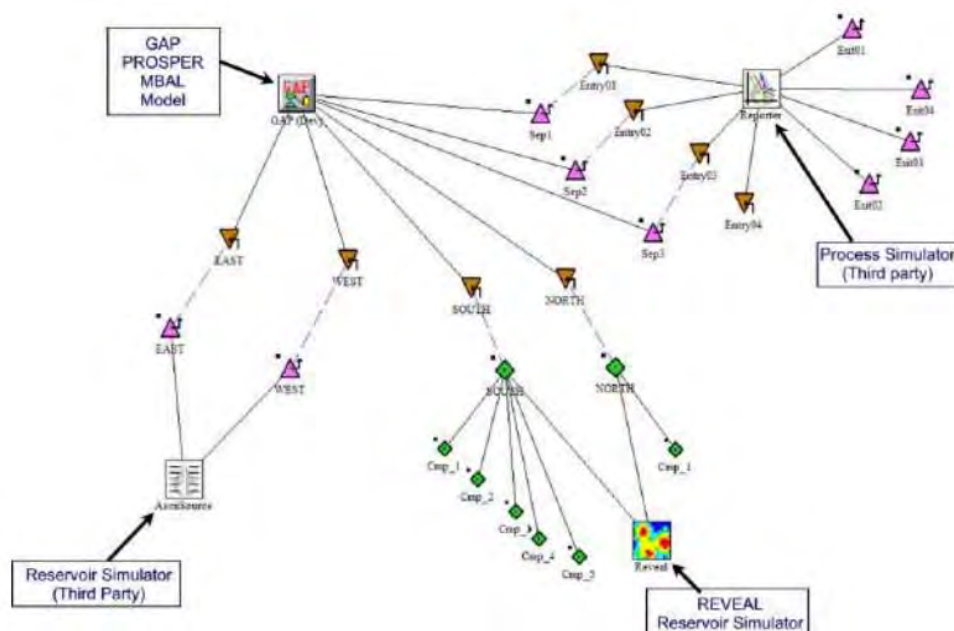


Рисунок 2 – Фрагмент поєднань RESOLVE

Моделі можуть бути розподілені по мережі та використовувати різні операційні системи, Windows, Linux, Unix або кластерні системи. Розрахунок індивідуальних компонентів (моделей) системи може проводитися на віддалених комп'ютерах. Це створює додаткову зручність при використанні чисельних симуляторів, які можуть вести розрахунок паралельно на декількох комп'ютерах або на 64х розрядних системах.

RESOLVE може використовуватися як інтерфейс для з'єднання додатків різних розробників або програм пакета IPM. Взаємодія з клієнтськими додатками будується на основі драйверів, які представляють собою бібліотеки (*.dll), запрограмовані для з'єднання з RESOLVE.

GAP IPM – багатофазний оптимізатор системи видобутку. Оптимізація системи видобутку та прогноз. GAP – програма, призначена для оптимізації нафто- і газозбиральних мереж, яка дозволяє об'єднати PROSPER і MBAL для створення повної моделі родовища від пласта до системи видобутку. GAP дозволяє моделювати системи видобутку для нафтових, газових і газоконденсатних родовищ, а також системи нагнітання газу і води. GAP дає можливість студенту та/або інженеру створювати моделі родовищ, що включають продуктивні пласти, свердловини і наземні трубопроводи, а також системи нагнітання рідини в пласт. Добувна та нагнітальна системи можуть бути оптимізовані з метою максимального збільшення припливу або економічної вигоди з урахуванням накладених проектних обмежень. Крім того, існує можливість прогнозу видобутку з урахуванням зміни параметрів покладу і умов експлуатації.

Область застосування:

- проектування мережі поверхневих трубопроводів;
- можливість включити моделі фонтануючих свердловин і свердловин з механізованим видобутком – газліфтом, відцентровими, кавітаційними, гідравлічними, струминними і штанговими насосами в єдину систему;

- вивчення оптимізації родовищ зі змішаним типом свердловин;
- оптимізація замкнених нафтозбиральних систем;
- швидкий і надійний нелінійний алгоритм оптимізації;
- розрахунок параметрів гирлових штуцерів свердловин для забезпечення плану контролю за розробкою родовища;
- GAP забезпечує зв'язок між PROSPER і MBAL що дозволяє моделювати і оптимізувати всю систему видобутку протягом життя родовища;
- вивчення стійкості течії, включаючи гідратуутворення і випадання солей;
- моделювання відцентрових і поршневих компресорних і насосних станцій;
- моделювання СПГ;
- прогноз видобутку;
- використання програмованих елементів;
- використання компонентної моделі флюїду від пласта колектора до систем промислової підготовки;
- моделювання CO₂;
- легкий у використанні графічний інтерфейс для створення моделі родовища (використання символічних піктограм для сепараторів, компресорів, трубопроводів, маніфольдів і свердловин, лінійних штуцерів і покладів).

GAP був розроблений для усунення штучних граничних умов у пластових, свердловинних і поверхневих мережевих моделях шляхом створення інтегрованих моделей з використанням інструментів Petex. Він здатний розглянути багатофазну мережеву реакцію кількох свердловин (з різними PVT), де реакція однієї свердловини могла б вплинути на видобуток іншої (тобто реакція протитиску). Сьогодні GAP – це найскладніший стаціонарний багатофазний оптимізатор мережі, який існує в галузі, з багатьма запатентованими функціями, які дозволяють студентам та/або інженерам максимізувати видобуток з нафтових і газових родовищ у всьому світі. GAP став інструментом вибору для понад 420 нафтових компаній у більш ніж 80 країнах світу та корпоративним стандартом для всіх суперсервісів у галузі інтегрованого моделювання [3].

GAP враховує всю фізику, яка присутня в системі, і працює, отримуючи інформацію з усіх частин системи, виконуючи динамічні розрахунки на фізичних моделях (для трубопроводів, дроселів, свердловин, компресорів тощо), або використовуючи попередньо розраховані відповіді (наприклад, криві підйому).

PROSPER – програма для розрахунку, проектування і оптимізації свердловин, яка є частиною пакета IPM. Програма є галузевим стандартом для моделювання свердловин серед найбільших компаній по всьому світу (рис. 3).

PROSPER включає опис властивостей пластової рідини (PVT), розрахунок робочих характеристик НКТ та індикаторних діаграм.

PROSPER дає унікальні можливості з калібрування властивостей пластового флюїду, багатофазних кореляцій та індикаторних діаграм за наявними промисловими даними, що дозволяє отримати узгоджену модель свердловини, яка може бути використана для прогнозу видобутку. PROSPER дозволяє проводити детальний розрахунок і проектування трубопроводів: режими течії, індикатор гідратуутворення, вивчення стабільності, розрахунок розмірів і частоти пробок.

Область застосування:

- проектування та оптимізація завершення свердловини включно багатовибійні, багатопластові і горизонтальні свердловини;
- проектування та оптимізація тьюбінгу і трубопроводів;
- проектування, діагностика та оптимізація газліфтних свердловин, свердловин обладнаних гідравлічними, кавітаційними, струминними і відцентровими насосами;

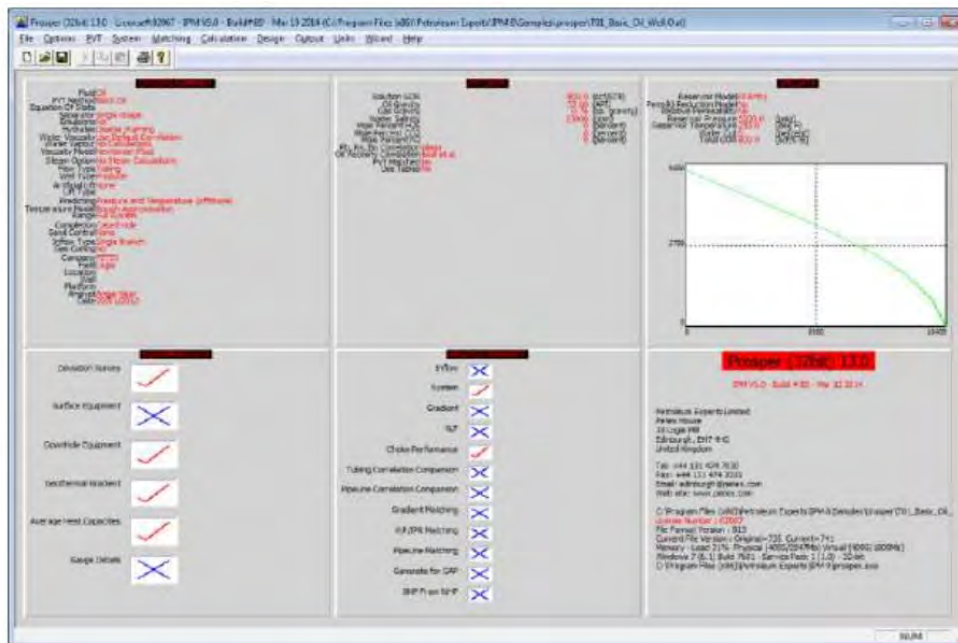


Рисунок 3 – Вікно програми PROSPER

- вивчення безперерійності припливу – свердловини і поверхневі трубопроводи;
- розрахунок робочих характеристик НКТ для використання в програмах чисельного моделювання покладів;
- розрахунок падіння тиску в свердловинах, трубопроводах і штуцерах;
- розрахунок температури флюїду (свердловини і трубопроводи);
- контроль роботи свердловин для виявлення свердловин, що потребують ремонту;
- розрахунок параметрів перфорації – SPOT;
- розрахунок сумарного скін-фактора та індивідуальних значень (скін в зв'язку з погіршенням фільтраційних властивостей, скін викликаний нахилом свердловини, неповним розкриттям пласта);
- унікальна модель "нелеткої" нафти для газоконденсату, що враховує випадання конденсату в стовбурі свердловини;
- розподіл видобутку між свердловинами.

Моделі індикаторних діаграм (IPR): багатовибірної свердловини; прості свердловини з єдиним стовбуром; кілька спеціальних моделей припливу для різних типів флюїду; модуль для розрахунку швидкості течії рідини крізь гравійний фільтр; врахування зниження проникності при ущільненні колектора; врахування турбулентної багатофазної течії крізь гравійний фільтр.

Програма MVAL містить класичні інженерні інструменти розробки родовищ, які використовують аналітичні методи для аналізу динаміки флюїду в пласті.

MVAL використовує методи матеріального балансу, включає велику кількість інновацій компанії Petroleum Experts, які недоступні в інших програмах подібного роду (рис. 4).

Ефективна розробка родовища передбачає знання фізики пласта і системи видобутку. MVAL допомагає студенту та/або інженеру визначити механізм видобутку і обсяг запасів нафти і газу. Це необхідні умови для успішного моделювання родовища.

Для родовищ, що знаходяться на стадії розробки, MVAL надає широкий набір методів адаптації моделі за геолого-промисловими даними.

Область застосування:

- адаптація моделі покладу за наявними промисловими даними для визначення запасів вуглеводнів і механізму витіснення;
- побудова багатоколекторних моделей родовища;

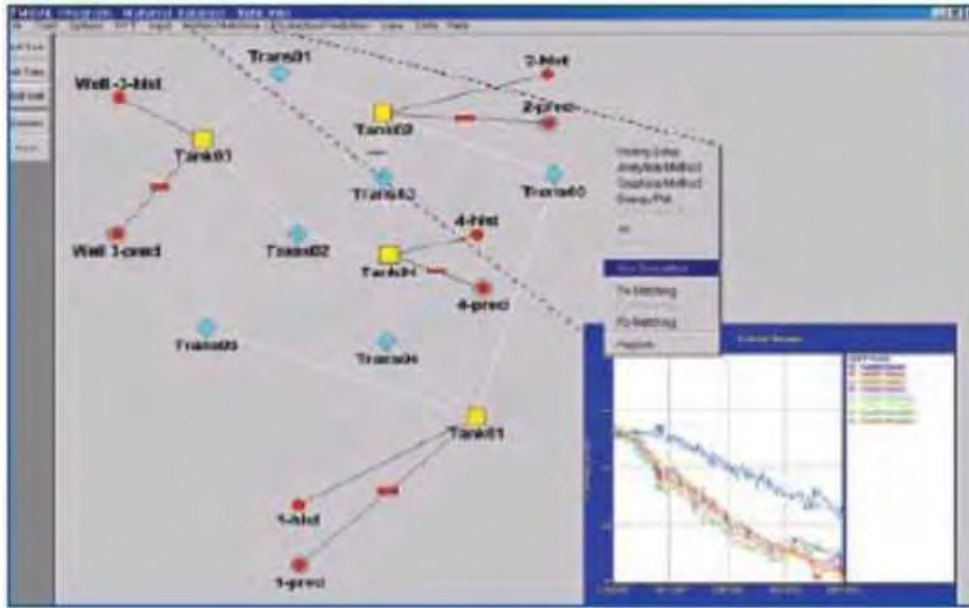


Рисунок 4 – Вікно програми MBAL

- прогноз динаміки видобутку;
- аналіз сценаріїв розробки родовища;
- визначення щоденної контрактної кількості газу;
- моделювання динаміки експлуатації газоконденсатних родовищ в режимі виснаження і рециркуляції;
- аналіз кривої падіння видобутку;
- моделювання методом Монте-Карло;
- моделювання процесу лінійного заводнення;
- моделювання видобутку газу в щільних породах;
- видобуток метану з вугільних пластів;
- калібрування відносної проникності за даними видобутку;
- контроль змішування компонентів;
- контроль рециркуляції газу;
- використання композиційної моделі флюїду.

MBAL володіє логічним і покроковим інтерфейсом, який поступово направляє студента та/або інженера від процесу адаптації моделі до прогнозу видобутку. Програма проста у використанні і легка в навчанні. MBAL дає можливість студенту та/або інженеру калібрувати PVT кореляції для отримання відповідності з промисловими даними. Це дозволяє уникнути помилок в розрахунках між різними етапами моделювання.

REVEAL – спеціалізована система чисельного моделювання пласта-колектора, що моделює процеси у привибійній зоні свердловини, включаючи зміни рухливості. Точно моделюються температурні і хімічні процеси, ефекти, які можуть виникнути при нагнітанні флюїду відмінного за властивостями і температурі від пластового. Закачування хімічних речовин або флюїдів при температурі відмінній від пластової може суттєво впливати на рухливість пластового флюїду і, отже, на обсяги видобутку, що також буде залежати від перфорації, включаючи можливість гідророзриву пласта.

Область застосування:

- термальне чисельне моделювання пласта-колектора;
- термальний розрив пласта;
- запомповування пари – гравітаційне дренавання із застосуванням пари (SAGD);
- в'язка нафта;
- хімічний розрахунок;
- хімічний склад води;

- окиснення нафти в пласті;
- полімерне заводнення;
- заводнення з використання ПАР;
- геомеханічне моделювання;
- гідророзрив пласта;
- винесення піску;
- утворення глинистого фільтра;
- моделювання складних свердловин;
- пристрої контролю припливу (ICD, ICV);
- гравійна набивка;
- нагнітання пари і розрахунок зміни паровмісту;
- подвійні паралельні НКТ.

Модель закачування пари може бути використана для моделювання циклічної обробки свердловини паром при гравітаційному дренаванні (рис. 5).

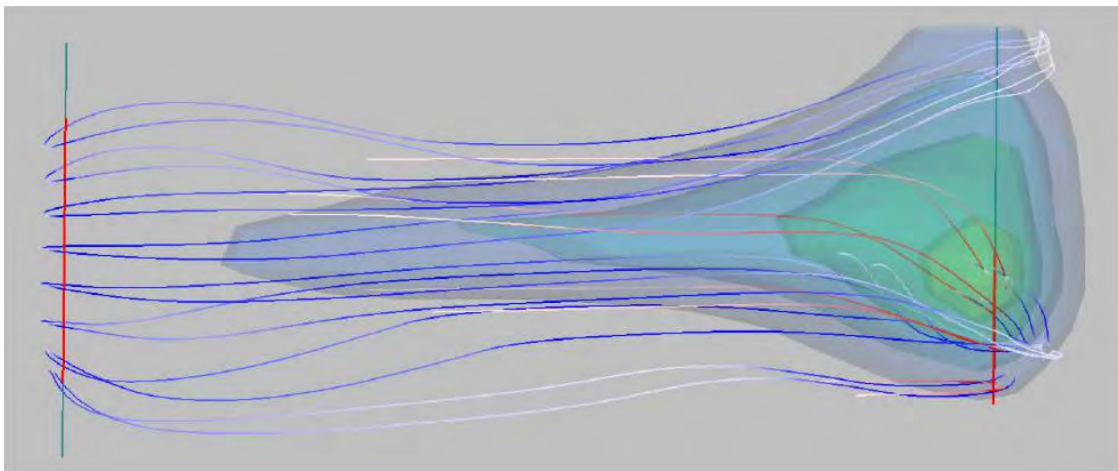


Рисунок 5 – Модель витіснення нафти паром з лініями течії води і пари.

Зміна температури і в'язкості флюїду також позначається на продуктивності свердловини і відносних фазових проникностях нафти і води. Ці зміни враховуються REVEAL при моделюванні, зокрема для контролю рухливості.

REVEAL також враховується зміна рухливості гелів, полімерів, піни, що нагнітаються в пласт для поліпшення заводнення або уникнення прориву води. Програма REVEAL дозволяє моделювати аномально в'язкі (не ньютонівські) нафти, де динамічна в'язкість зменшується при збільшенні напруження зсуву. Капілярне витіснення, пов'язане зі зміною поверхневого натягу, може бути враховано REVEAL як функція числа капілярності (число капілярності (Ср або Са) – критерій подібності у гідродинаміці, що ґрунтується на співвідношенні між в'язким тертям і поверхневим натягом) при додаванні ПАР, а також при зміні поверхневого натягу з температурою, тиском або газовим фактором (газовий фактор – вміст газу в продукції нафтовидобувних свердловин. Вимірюється в $\text{м}^3/\text{м}^3$, $\text{м}^3/\text{т}$).

REVEAL може врахувати гістерезис кривих фазової проникності при циклічному заводненні. Для REVEAL доступні моделі дисперсії і дифузії для відстеження трасуючих компонентів. Програма також включає опції підігріву стовбура свердловини для моделювання зменшення в'язкості навколосвердловинного флюїду. Зокрема, програма моделює мікрохвильові і електричні нагрівачі.

Знання властивостей флюїду є основною вимогою для всіх аспектів розробки родовища, видобування і переробки вуглеводнів. PVTP дозволяє уточнювати рівняння фазового стану (РС) для отримання відповідності з лабораторними даними (рис. 6).

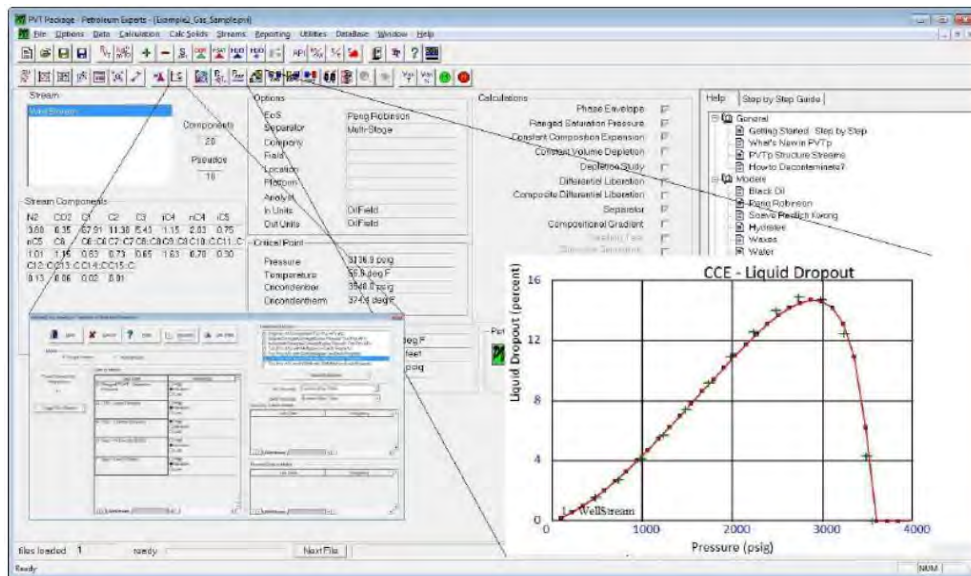


Рисунок 6 – Вікно програми PVTP

Відкалібровані РС можуть бути використані для моделювання процесів у покладі, а також процесів видобутку, які впливають на вибір обладнання й ефективність вилучення вуглеводнів. Результати досліджень пластових флюїдів об'єднуються в єдиний проект, що дозволяє користувачеві створювати повну картину пластової системи. Логічна структура PVTP допомагає студенту та/або інженеру в процесі визначення характеристики флюїду, який включає калібрування РС для отримання відповідності з лабораторними даними як в пластових умовах так і в умовах промислової підготовки. PVTP може бути застосований для розрахунку таблиць властивостей флюїду, флюїду з меншим числом компонентів або параметрів калібрування (T_c , P_c і коефіцієнтів бінарної взаємодії) для використання при моделюванні пласта-колектора або вузловому аналізі. PVTP був вдосконалений для врахування твердого осаду, гідратів і асфальтенів, а також розрахунку тиску гідратоутворення, пригнічення гідратів, температури початку кристалізації парафінів і температури випадання парафінів. При розробці інтегрованої моделі родовища від пласта-колектора до систем промислової підготовки, дуже важливо мати узгоджену модель флюїду.

Область застосування:

- визначення характеристики флюїдів;
- рекомбінація проб флюїду взятих з сепаратора;
- визначення положення газонафтового контакту;
- оптимізація стадій сепарації;
- прогноз фазового стану;
- дослідження здатності нафти розчиняти газ при тиску вище тиску насичення;
- моделювання твердої фази (гідратів і парафінів);
- моделювання процесу витіснення нафти на моделі у вигляді тонкої трубки, заповненої піском;
- структурний підхід до процесу очищення проби від домішок, полегшує проблему аналізу проб забруднених домішками;
- рекомбінація і перевірка коректності даних PVT;
- моделювання лабораторних тестів;
- підбір відповідності з пластовим властивостям і результатами диференціального розгазування одночасно;
- калібрування рівнянь стану (РС) для прямого використання в програмі моделювання свердловин PROSPER;
- розрахунок даних калібрування моделі «нелеткої» нафти для газоконденсату, яка використовується в програмі матеріального балансу MBAL;

- створення стислої і розгорнутої композиційних моделей флюїду (Lumping / Delumping) з можливістю переходу від однієї моделі до іншої.

Подібна подвійна модель флюїду далі може використовуватися в інтегрованій моделі від пласта (стисла композиція) до переробки (розгорнута композиція).

Висновки

В галузі видобування вуглеводневих енергоносіїв, співпрацюючи на постійній основі з профільними Зкладами вищої освіти (ЗВО), відповідні компанії України і світу намагаються постійно створювати та підтримувати необхідний резерв молодих висококваліфікованих кадрів, які у подальшому прийдуть на роботу в ці компанії, і від рівня їх підготовки будуть залежати конкретні результати діяльності.

В умови сьогодення переважна більшість процесів моделювання, майже усіх технологічних процесів в межах досліджень, зокрема пов'язаних з видобуванням вуглеводневих енергоносіїв, виконуються за допомогою відповідного програмного забезпечення. Тому починаючи з 2019 року, після відкриття відповідної освітньої програми, в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» є можливість виконувати моделювання при підготовці фахівців спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології». Цьому сприяла плідна робота співробітників кафедри нафтогазової інженерії та буріння, керівництва університету та відповідні домовленості з виробниками цих спеціальних програм і подальшим наданням гранту щодо програмного забезпечення для підвищення якості підготовки студентів цієї спеціальності. У свою чергу це передбачає позитивний вплив на підвищення енергетичної незалежності України, через підвищення якості підготовки висококваліфікованих фахівців для нафто- та газовидобувних підприємств.

Acknowledgements

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» висловлює подяку компанії PETROLEUM EXPERTS LIMITED за надання гранту щодо програмного забезпечення PROSPER, GAP, PVTP, MBAL, REVEAL, RESOLVE для підвищення якості підготовки студентів спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології».

References

1. PETROLEUM ENGINEERING AND STRUCTURAL GEOLOGY SOFTWARE.
<https://www.petroleumexperts.com/>.

2. INTEGRATED PRODUCTION MODELLING.
<http://itps.com/uploads/files/Petex%20IPM%20Brochure%20RUS.pdf>.

3. Білецький, В.С. (2021). *Моделювання у нафтогазовій інженерії*. Львів: «Новий Світ – 2000», Харків: НТУ «ХПІ».

Biletskyi, V.S. (2021). Modeling in oil and gas engineering. Lviv: «Novyy Svit – 2000», Kharkiv: NTU «KhPI».