

## Зарубіжний досвід реконструкції цукрового заводу з підвищенням продуктивності по переробці буряків й зниженням витрат палива

**В.М. Кухар**, генеральний директор ТОВ «Фірма «ТМА»

**Л.І. Чернявська**, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу сировини, контролю і обліку виробництва, Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості

*У статті представлені матеріали за результатами планоїрної реконструкції цукрового заводу, спрямованої на підвищення продуктивності з переробки сировини й зниження витрат палива на тонну буряків.*

*Ключові слова: якість буряків, продуктивність, загальна заготовка буряків, витрати палива, технологічні показники.*

*В статье представлены материалы по результатам планомерной реконструкции сахарного завода, направленной на повышение производительности по переработке сырья и снижение расходов топлива на тонну свеклы.*

*Ключевые слова: качество свеклы, производительность, общая заготовка свеклы, затраты топлива, технологические показатели.*

*In the article results of systematic reconstruction of sugar factory directed on improvement of a raw material processing capacity and decrease of fuel consumption per a ton of a beet are presented.*

*Keywords: quality of a beet, productivity, general beet procurement, fuel costs, technological indicators.*

У період з 12 по 14 грудня керівники відділів різних напрямків (технологічного, дифузійного, кристалізаційного, вапнякового господарства) на чолі з генеральним директором ТОВ «Фірма «ТМА» в складі групи фахівців з України відвідали одне з найбільших бурякопереробних підприємств Європи – завод «Фірфайлатен», потужність якого становить **21000 тонн переробки буряків на добу**.

Делегацію з України прийняв директор заводу пан Феттер. Він розповів історію підприємства, а також зупинився на основних етапах його розвитку. Екскурсію по заводу провів головний фахівець з технології пан Франц.

### ЦУКРОВА ГРУПА «SUIKER UNIE»

Завод належить кооперативу виробників цукрових буряків у якому працюють 4300 чоловік. Щорічний обіг коштів підприємства становить 1,7 млрд. євро.

У кооперативі існують такі напрямки діяльності:

1. Цукрова група – вирощування буряків і їх переробка.
2. Одержання інуліну із цукорію.
3. Спиртове виробництво.
4. Одержання продукції з картоплі.
5. Виробництво концентрованих інгредієнтів для харчових виробництв.

У рамках Європейського Союзу для двох цукрових заводів об'єднання «Suiker Unie» – «Дінтелоорд» і «Фірфайлатен», виділена квота у 805000 тонн цукру на рік, тобто обидва підприємства можуть виробляти таку кількість цукру щорічно або приблизно по 400 тис. тонн на один завод. У складі заводу працюють 2 спеціалізовані підприємства, що виробляють рідкий цукор та займаються пакуванням готового продукту у різну тару.

Чисельність працівників цукрової групи досягає 650 чоловік, а обсяг оборотних коштів

становить 650 млн. євро, тобто один співробітник забезпечує обіг 1 млн. євро.

В Європейському Союзі цукрові заводи Нідерландів є лідерами за темпами зниження собівартості цукру – на сьогоднішній день заводи країни мають найнижчу собівартість цукру.

Варто зазначити, що у Голландії під цукровими буряками зайнято 70 тис. га. На одного фермера в середньому припадає 130 га посівів цукрових буряків. Скільки ж цукру можна одержати з 1 га посівів цукрових буряків? Директор демонструє слайд (**рис. 1**), на якому видно динаміку щорічного виробництва цукру з 1 га посівів за останні 25 років. Якщо в 1984 році виробництво цукру з 1 га становило 8 тонн, то в 2010 році з 1 га було отримано 12,5 тонн. У 2009 році при високій цукристості з гектара було отримано 14 тонн цукру. Для порівняння зауважимо, що в 1998 році, який був дуже вологим, виробництво цукру склало лише 8 тонн на 1 гектар.

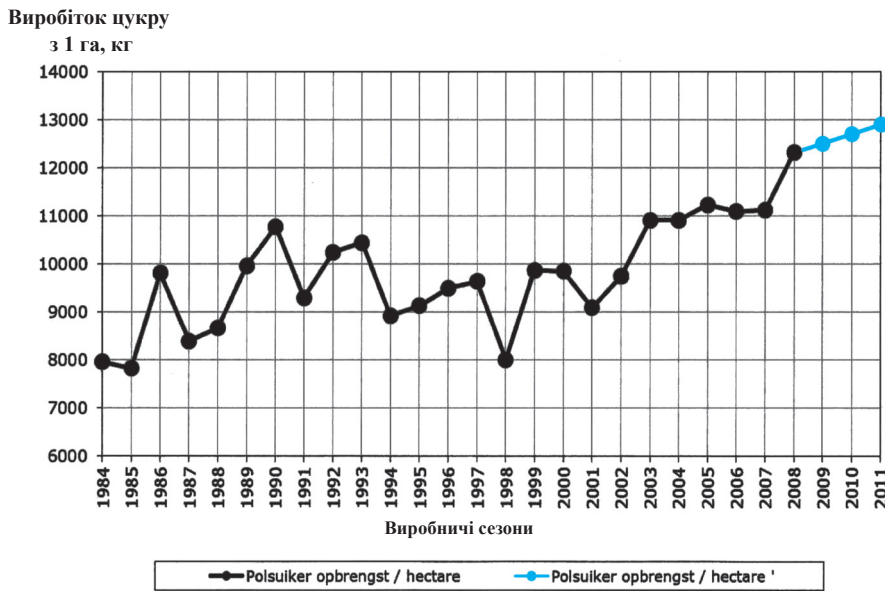


Рис. 1. Динаміка виробітку цукру з 1 га посівів буряків

**ЗАВОД «ФІРФАЙЛАТЕН»**

Завод «Фірфайлатен» був побудований в 1896 році, а у 2007 році він увійшов до об'єднання «Suiker Unie». Нарощування добової продуктивності заводу й збільшення загальної переробки буряків за виробничий сезон презентовано на **рисунку 2**. До п'ятидесятих років минулого сторіччя завод нарощував добову продуктивність дуже повільно: вона становила 2,5 тис. тонн буряків на добу при загальному обсязі заготовленої сировини близько 200 тис. тонн у сезон. З п'ятидесятих до дев'яностих років минулого сторіччя був зроблений істотний ривок: завод досяг продуктивності у 12,5 тис. тонн переробки коренеплодів за добу, загальний обсяг заготівлі сировини за сезон склав 1,5 млн. тонн.

За останні двадцять років завод стрімко підвищував продуктивність та збільшував загальний обсяг заготівлі сировини. **Продуктивність заводу сьогодні становить 21000 тонн переробки буряків на добу, загальна заготівля коренеплодів – 2,5 млн. тонн.** Тривалість сезону становить 130 діб. Щодоби підприємство виробляє близько 3500 тонн цукру. Загальний обсяг виробленого солодкового продукту за сезон становить близько 420 тис. тонн. При цьому 150 тис. тонн цукру зберіга-

ється в силосах, а 100 тис. тонн - на терміналі.

Вапняк на завод доставляють водним шляхом - баржами по каналу, який примикає до території підприємства, мелясу відправляють споживачам також баржами.

На завод привозять буряки 11 тис. фермерів. Всі буряки від фермерів з поля на завод перевозяться спеціалізованою організацією великовантажним автотранспортом 6 днів на тиждень. Для забезпечення безперервної роботи заводу в неділю існує майданчик, що вміщає

добовий запас буряків. Один автомобіль за один рейс перевозить приблизно 32-34 тонни, тобто для забезпечення добової переробки буряків 21000 тонн потрібно виконати 650 рейсів. Отже, завод повинен щогодини прийняти й забезпечити розвантаження 27-28 автомашин. При в'їзді на завод встановлено дві пробовідбірні установки фірми «Венема» для відбору проб із усіх автомашин, що надходять з буряками для аналізу показників якості. Відбір проб з автомобіля проводиться в точці, обраній комп'ютером за випадковою ви-



Випарна станція

біркою. Відібрана проба висипається в поліетиленовий мішок, зав'язується, маркується й укладається в причіп. Аналізування проб здійснюється в сировинній лабораторії цукрового заводу «Дінтеллоорд», куди вони доставляються автотранспортом.

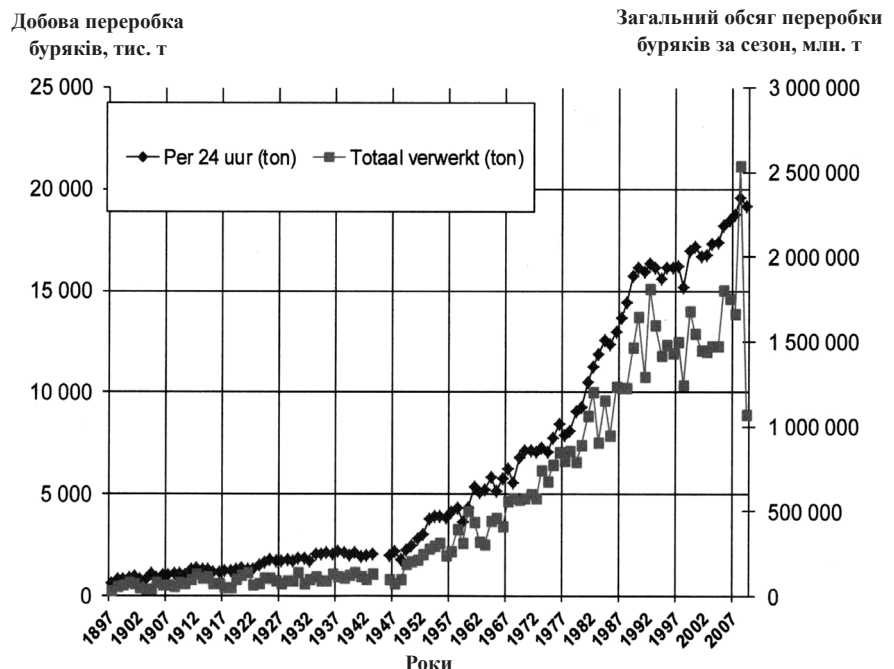


Рис. 2. Збільшення загальних обсягів заготівлі буряків та нарощування добової потужності заводу

## ПЕРЕДОВИЙ ДОСВІД

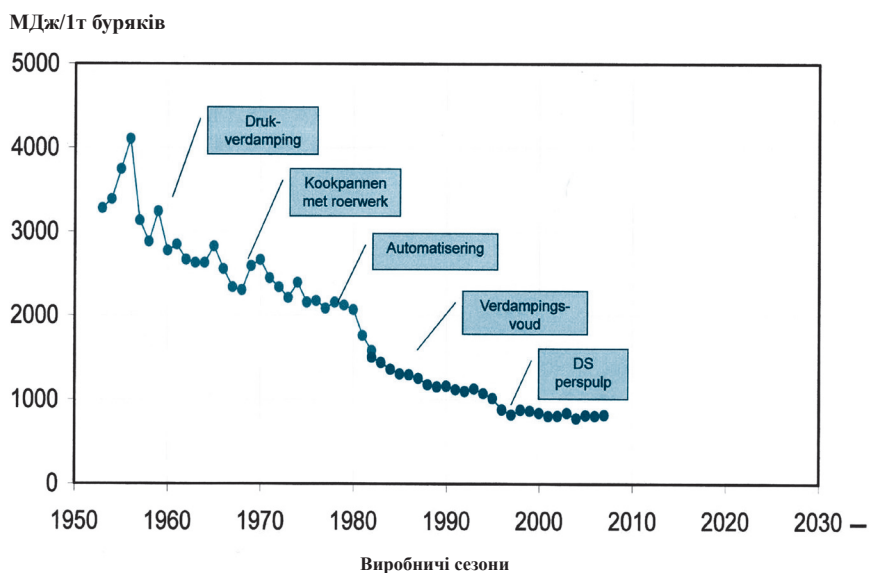


Рис. 3. Енергоспоживання в мегаджоулях на 1 тону буряків

**Витрати палива на переробку буряків.** Пан Феттер представив діаграму, на якій показані етапи зниження витрат палива на переробку буряків (див. рис. 3).

Починаючи з шестидесятих років минулого сторіччя, завод виконував роботи, спрямовані на зниження витрат палива.

На першому етапі були виконані роботи, спрямовані на зниження відкачки й оптимізації роботи випарної станції. Це дозволило знизити витрати палива з 4000 до 3000 МДж на тону буряків.

У семидесятих роках завод модернізував вакуумну установку й продуктове відділення, змінивши звичайні вакуум-апарати на вакуум-апарати із циркуляторами, що дозволило перейти на обігрів їх паром більш низького потенціалу. Ці заходи дозволили знизити витрати палива з 3000 до 2000 МДж на тону буряків.

У вісімдесятих роках на заводі була посилена увага до автоматизації роботи устаткування



Тракт гідролінійної подачі буряків

на й виробничих процесів, що дозволило відійти від людського фактора. Це дало можливість знизити витрати палива з 2000 до 1700 МДж на тону буряків. Наступні заходи були спрямовані на модернізацію роботи випарної установки – з 4-корпусної до 7-корпусної, що дозволило використовувати пару різного потенціалу для різних технологічних споживачів і дало можливість знизити витрати палива до 1000 МДж на тону буряків.

Починаючи з 2000 року, завод виконує роботи зі зниження витрат палива на сушіння жому, установивши жомові преси глибокого віджиму, що дозволило знизити витрату палива до 800 МДж на тону буряків.

Враховуючи, що витрати палива – значна стаття в собівартості цукру, на заводі приділяють велику увагу всім заходам, спрямованим на зниження його витрат, відшліфовуючи технологічні процеси, установлюючи високотехнологічне сучасне устаткування. Зараз жом пресують до вмісту сухих речовин 28%. Для пресування використовують жомовіджимні преси системи Stord (7 шт.) і Babbibi (9 шт.). 30% одержуваного жому сушать, решту віддають фермерам. Машини, що привозять буряки, по дорозі назад забирають жом. Для його сушіння використовують природний газ, що добувається в Голландії. Сушиль-

ні барабани оснащені камерами згоряння системи Бютнера. На заводі встановлено два сушильні барабани: один продуктивністю 25 тонн/годину або 600 тонн сушеного жому за добу, другий – 10 тонн/годину або 240 тонн/добу. Жом гранулюють на грануляторі фірми «Kahl», яких встановлено 5 шт., з додаванням меляси в кількості 3% до маси жому.

**Подача буряків в завод і мийний комплекс.** На заводі суха подача буряків, що здійснюється за допомогою збірного транспортера та транспортера, що подає коренеплоди в мийний комплекс. На тракті подачі встановлені камене- і соломовловлювачі. Мийний комплекс складається з бурякомийки барабанного типу, є фільтр для транспортерно-мийної води. Вся товарна бурякомаса йде у виробництво. Виводяться із виробництва тільки уламки й шматочки буряків розміром менше, ніж 10 мм. Повністю виводяться й не використовуються залишки зеленої маси та черешки. Цю масу за законами Нідерландів не дозво-



Розвантаження буряків з автомобіля

лено використовувати на корм худобі, враховуючи її високу контамінацію мікроорганізмами.

**Одержання бурякової стружки.** На заводі встановлено 9 дискових бурякорізок, з них у роботі – 8. Поруч із бурякорізками знаходиться приміщення, де здійснюється заточка ножів. Підготовлені, акуратно складені ножі знаходяться поруч із різкаками.

**Одержання бурякового соку.** Завод оснащено трьома дифузійними установками колонного типу системи БМА: дві установок продуктивністю по 8 тис. тонн, одна – 6 тис. тонн переробки бу-



ряків за добу, є два ошпарювачі та два збірники для видалення піни. Відкачка дифузійного соку з дифузії становить 110%, вміст цукру в невіджатому жомі 2,2%, у пресованому – 0,3% до маси буряків. Температура соку, що йде на виробництво, становить 28°C. Живильну й жомопресову воду готують і подають окремо. Жомопресову воду після дугових сит підігривають до температури 75°C, живильну обробляють сірчаною кислотою до рН 4,5. Чистота дифузійного соку дуже висока й становить 92–94%.

#### Очищення дифузійного соку.

На заводі встановлений преддефекатор вертикального типу об'ємом 200 м<sup>3</sup>. Температура соку в ньому становить 52°C, холодний дефекатор (50°C), гарячий дефекатор



Колонні дифузійні установки

(85°C), апарат 1-ї сатурації оснащено 8 трубками Ріхтера, що обертаються від одного приводу, апарат 2-ї сатурації теж оснащено трубками Ріхтера (97°C).

Піч для випалювання вапняку, що працює на заводі, має об'єм 600 м<sup>3</sup>. Витрати вапняку становлять 2% до маси буряків, витрата вапна на очищення соку – менш ніж 1% до маси буряків.

**Сік після 1-ї сатурації надходить у відстійники.** На заводі встановлено 6 відстійників: два відстійники, що працюють по типу «БМА» й 4, що працюють по типу фірми «DCSE». Відстійники працюють із використанням флокулянтів «PRESTOL

2640». Витрата флокулянта – від 3 г на 1 тону буряків. Густина суспензії, що відбирається, становить 1,3 г/см<sup>3</sup>. Знецукрення суспензії здійснюється на вакуум-фільтрах.

Декантат направляється на контрольну фільтрацію. Для цієї мети використовуються фільтри фірми «Гран-Пон» (Бельгія). Кількість фільтрів 1 сатурації – 8 шт., загальна поверхня фільтрації 1480 м<sup>2</sup>.

Фільтрований сік нагрівається до 97°C й подається на 2-гу сатурацію. Після 2-ї сатурації сік фільтрується на фільтрах фірми «Гран-Пон» (Бельгія). Загальна поверхня фільтрації складає 1200 м<sup>2</sup>.

Фільтрувальні тканини на заводі слугують 3–4 роки. Використовується тканина селективністю у 10 мкм. Використані тканини регулярно регенеруються 3%-ним розчином соляної кислоти.

Випарна станція 7-корпусна. Загальна поверхня – 40 тис. м<sup>2</sup>. Вміст сухих речовин соку на вході складає 17%, а сиропу на виході – 74%. Приріст кольоровості становить 30–50%.

При варці утфелю I-го продукту використовується 3 види пари: спочатку пара 5-го корпусу випарної станції, потім – 4-го, а далі – 3-го корпусу.

Тривалість варки утфелю I-го продукту триває 1,5 години, а з урахуванням допоміжних операцій – 2 години 5 хвилин і 2 години 10 хвилин.

Продуктове відділення заводу працює з використанням маточного утфелю. На першому етапі одержання маточного утфелю отримують утфель з розміром кристала у 120 мкм – використовується метод кристалізації охолодженням в апараті об'ємом 5 м<sup>3</sup>. На гарячому ступені підготовки маточного утфелю, що здійснюється в апараті об'ємом 80 м<sup>3</sup>, одержують кристал розміром 500 мкм.

Цей завод традиційно випускає цукор з досить великим кристалом. Тому у виробничих апаратах, яких на заводі встановлено

6 шт. по 90 тонн, варять утфель з розміром кристалу у 750 мкм. Обсяг маточного утфелю, що набирається в апарат, становить 13,5 м<sup>3</sup>. Чистота утфелю I-го продукту складає 95–96%. Фуговка утфелю відбувається на центрифугах із завантаженим утфелем у кількості 1350 кг.

Утфель 2-го продукту варять у безперервно діючому вакуум-апараті. Апарат вимагає очищення методом пропарювання через кожні 3 тижні. Тривалість варки утфелю II-го продукту становить 6 годин. Утфель центрифугують у центрифугах безперервної дії, яких на заводі встановлено 7 шт.

Утфель III-го продукту також варять у безперервно діючому вакуум-апараті, додатково викристалізують цукор у трьох вертикальних кристалізаторах об'ємом 300 м<sup>3</sup> кожний протягом 48 годин, центрифугують у безперервно діючих центрифугах, цукор афінують і використовують у якості кристалічної основи для варки утфелю II-го продукту.

Керівники українських цукрових заводів звернулись із проханням до директора оголосити типовий штатний розклад спеціалістів виробничої зміни. Він люб'язно погодився і надав таку інформацію.

На заводі зараз працює 180 чоловік. На зміні в сезон працює 35 чоловік. Він привів перелік основних фахівців і робітників, зайнятих на зміні:

- керівник зміни – 1 чол.;
- польові менеджери території – 2 чол.;
- оператори – 5 чол.;
- інженери-механіки – 4 чол.;
- інженери – електрики – 3 чол.;
- робітник, що обслуговує різки – 1 чол.;
- робітники, що обслуговують фільтрувальні станції соку й сиропу – 2–3 чол.;
- робітник, що обслуговує гранулятори – 1 чол.;
- пакувальник цукру в мішки – 1 чол.;
- робітник на буряках – 1 чол.;

## ПЕРЕДОВИЙ ДОСВІД

11. логістики цукру – 4–5 чол.;
12. лабораторія – 1 чол.;
13. очищення й прибирання – 1 чол.;
14. відбір проб буряків з автомобілів і їх пакування у мішки – 3 чол.

Аналізом якості буряків займається 1 фахівець у головному офісі та 4 людини на заводі.

За тиждень до початку сезону здійснюють повний аналіз буряків й визначення їх технологічних якостей і розробляють режим їхньої переробки. На лінії «Венема» аналізують проби буряків, визначають цукристість і їх хімічний склад – вміст основних елементів нецукристого комплексу: калію, натрію,  $\alpha$ -амінного азоту – й за допомогою комп'ютерної програми розраховують вміст цукру в мелясі. В 2010 році фактичний вміст цукру в мелясі становив 1,6% до маси буряків, а її чистота – 58%.

Аналіз ґрунтів під бурякові посіви на наступний рік проводить Інститут цукрових буряків (ERS), у якому працює 20 спеціалістів. Набір насіння для посівів рекомендує об'єднання «Suiker Unie», але фермер і сам має право вибрати насіння для посіву на своїх полях. У цьому випадку перед копкою і поставкою коренеплодів на завод він повинен довести, що якість його буряків не гірша, ніж з насіння, яке рекомендоване «Suiker Unie».

Вартість буряків коливається від 25 до 45 євро за 1 тону. Якщо буряки поставлені для переробки на завод до 1 жовтня, фермерові йде доплата 50 євроцентів за кожну тону. Якщо буряки поставляються на завод наприкінці виробництва, то до-

плата йде в розмірі 9 євро за 1 тону, що враховує його витрати на зберігання коренеплодів у полі. Якщо цукристість буряків нижче 13%, то фермерові на цю кількість нараховують штраф.

### ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Кольоровість цукру в розчині – 20 од. ICUMSA, кольоровість цукру в кристалічному виді – 1,2 бала, вміст золи – 0,015%, вологість – 0,03%, середній розмір кристала – 0,72 мм, відхилення – 40%. Оптова ціна продажу цукру – 550 євро.



Силоси для зберігання цукру

На заводі встановлено 2 турбіни – на 10,5 і 12,5 МВт. У зв'язку з виходом з ладу однієї турбіни (12,5 МВт), завод бере з мережі й докуповує 5 МВт електроенергії. Найближчим часом на завод надійде ще одна турбіна, яка буде встановлена на місці тієї, що вийшла із ладу.

Є три парові котли: один продуктивністю 100 тонн пари, два інших – по 50 тонн. Завод споживає 160 тонн пари на годину.

Наших фахівців цікавило питання зайнятості спеціалістів заводу після закінчення сезону.

Директор заводу відповів, що 80% від всього складу залишаються на роботі, опрацьовують нові проекти, виконують роботи із забезпечення функціонування заводу. Більшу частину робіт виконують самостійно: програмування, інжиніринг тощо. Система оплати праці у фахівців, що працюють постійно в компанії, на 40% вища, ніж у тимчасово прийнятих на сезон.

На заводі в рамках інвестиційної програми передбачається

змонтувати установку для одержання біогазу з бурякових хвостиків: буде перероблятися 100 тис. тонн біомаси й вироблятися 10 млн. м<sup>3</sup> газу, який буде надходити в загальну систему газозабезпечення.

### ВИСНОВКИ

Враховуючи, що Україна тільки нещодавно почала реалізацію проектів з енергозбереження, корисно було познайомитися з послідовністю виконання таких заходів на цукрових заводах, що мають високі показники у Європейському Союзі, а також з досягнутими результатами.

Відвідування заводу й спілкування з фахівцями-цукровиками з Нідерландів було позитивним з точки зору оцінки рівня технології, використовуваного устаткування, концентрації виробництва, інвестиційних проектів, досягнутих технологічних показників.

Відзначена висока якість бурякової сировини протягом усього періоду виробництва й зусилля керівництва заводу у досягненні стабільно високої якості буряків.

Використання високопродуктивного й якісного обладнання кращих європейських виробників дає можливість виключити дублюючі одиниці насосного парку.

Корисно було ознайомитися з підходами іноземних фахівців до використання працюючого обладнання більш ранніх розробок, зокрема використання вакуум-фільтрів. Їхня подальша експлуатація виключає будівництво нових ліній з видалення сухого фільтраційного осаду й використання цілодобово техніки для вивезення осаду в місця складування.

Слід відзначити високу якість ремонту обладнання, що дає можливість виключити позапланові простої в період виробництва.

Цікаві інвестиційні проекти цукрових заводів, спрямовані на вирішення екологічних проблем з одночасним одержанням економічних результатів.



Відбір проб буряків з автомобіля