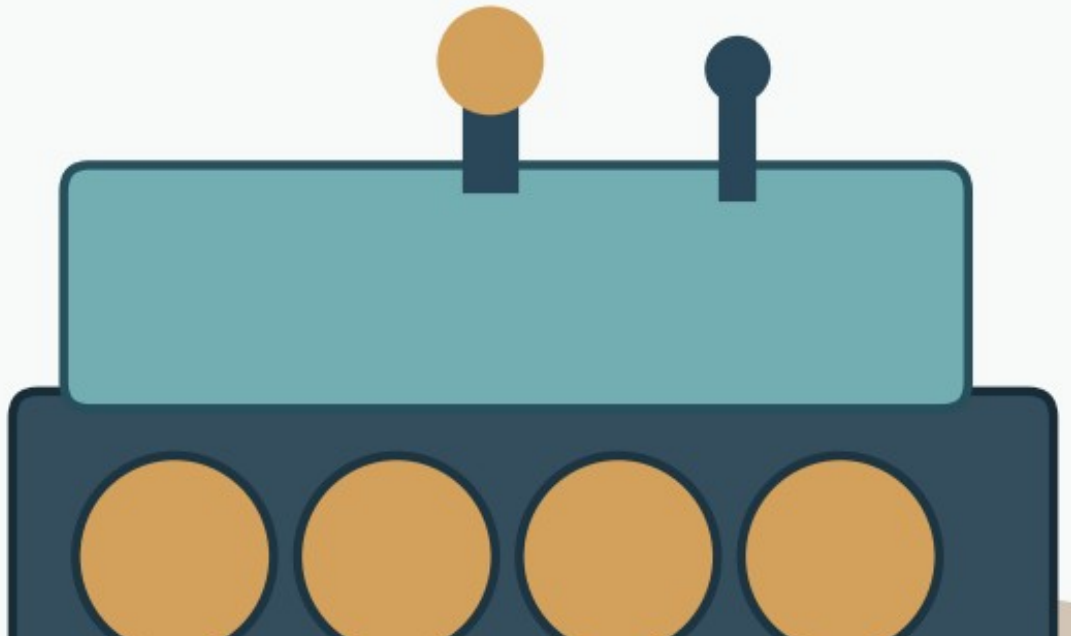
Шынжыр табанды роботтарды қолдану

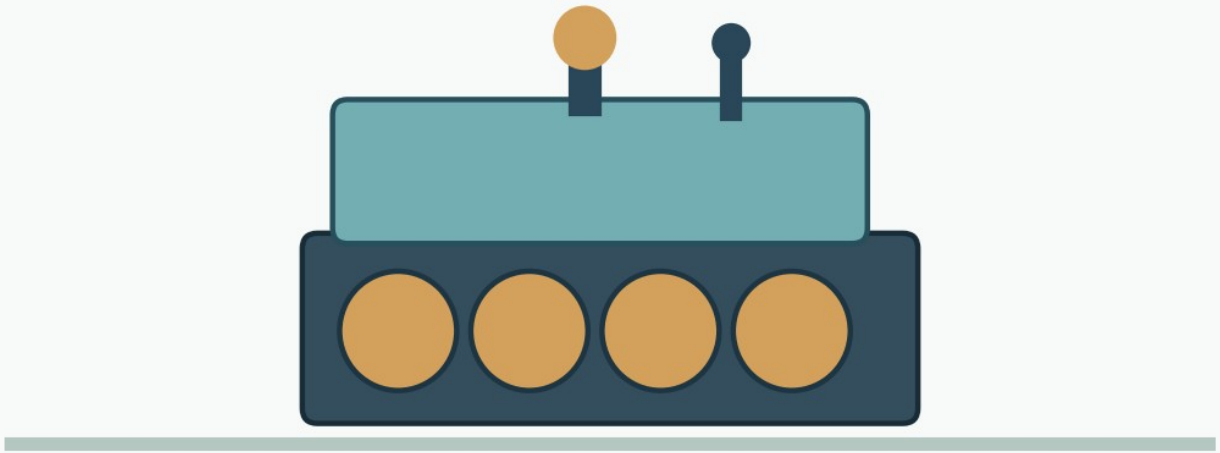
Күрделі ортада қозғалу және инженерлік жобалау



Дәрістің мақсаты және оқу нәтижелері

- Шынжыр табанды мобильді роботтың конструкциясын және қозғалыс принципін түсіндіру.
- Дөңгелекті платформамен салыстырып, өтімділік пен маневрлікке әсер ететін факторларды анықтау.
- Іздеу-құтқару, өндірістік инспекция, ауыл шаруашылығы және қауіпті ортадағы қолданылуын талдау.
- Тарту күші, тірек қысымы, энергия шығыны және бұрылу ерекшеліктерін есептік бағалау.
- Роботты таңдау кезінде қауіпсіздік, сенсорика және қызмет көрсету талаптарын ескеру.

Шынжыр табанды жүріс бөлігінің құрылымы



Шынжыр табанды платформа: шартты құрылым

Негізгі элементтері:

• Жетекші жұлдызша және бағыттаушы дөңгелек;

• Тірек және керу роликтері;

• Шынжыр табан лентасы;

• Редуктор мен қозғалтқыш;

• Шасси, сенсорлар және қорек жүйесі.

Керу деңгейі мен лента материалы қозғалыс сенімділігіне тікелей әсер етеді.

Дөңгелекті және шынжыр табанды роботтарды салыстыру

Критерий	Дөңгелекті платформа	Шынжыр табанды платформа
Қатты тегіс еден	Көбіне тиімді	Артық шығын болуы мүмкін
Жұмсақ топырақ	Батып қалуы ықтимал	Жүктеме кеңірек таралады
Бұрылу	Кинематикасы әртүрлі	Сырғанаумен бұрылу жиі
Энергия шығыны	Әдетте төменірек	Көбіне жоғарырақ
Қызмет көрсету	Қарапайымдау	Керу, ролик, лента тозуы

Қолданылуы: іздеу-құтқару жұмыстары



Құтқару: үйінді және кедір-бұдыр бет

Үйінділер, баспалдақтар және кедір-бұдыр беттерде шынжыр табан кең тірек аймағын қамтамасыз етеді.

Роботқа камера, жарықтандыру, газ датчигі және байланыс модулі орнатылуы мүмкін.

Негізгі шектеулер: өткел ені, биік кедергі, байланыс жоғалуы, шаң мен ылғалдан қорғаныс.

Қолданылуы: инспекция және өндіріс

- Туннель, шахта, құбыр желісі және өндірістік аумақтарды қашықтан тексеру үшін пайдаланылады.
- Камера, жылукамера, лидар және газ сенсорлары орта туралы мәлімет жинауға мүмкіндік береді.
- Қашықтан басқару операторды қауіпті аймаққа кіргізбей бақылау жүргізуге көмектеседі.
- Автономды режимде карта құру, локализация және кедергіні айналып өту алгоритмдері қолданылады.
- Инженерлік талаптар: шаң-ылғалдан қорғау, сенімді байланыс, аккумулятор ресурсы және техникалық қолжетімділік.

Еңісте қозғалу және тұрақтылық



Еңісте қозғалу: тірек пен тарту

Еңістегі ауырлық күшінің бойлық құраушысы:

$F_e = mg \sin(\theta)$.

Тарту күшінің жеткіліктілігі ғана емес, ауырлық центрінің орналасуы да маңызды.

Аударылу қаупін бағалау үшін тірек көпбұрышы, робот биіктігі, жүктің орны және динамикалық үдеу ескеріледі.

Тірек қысымы және тарту күші

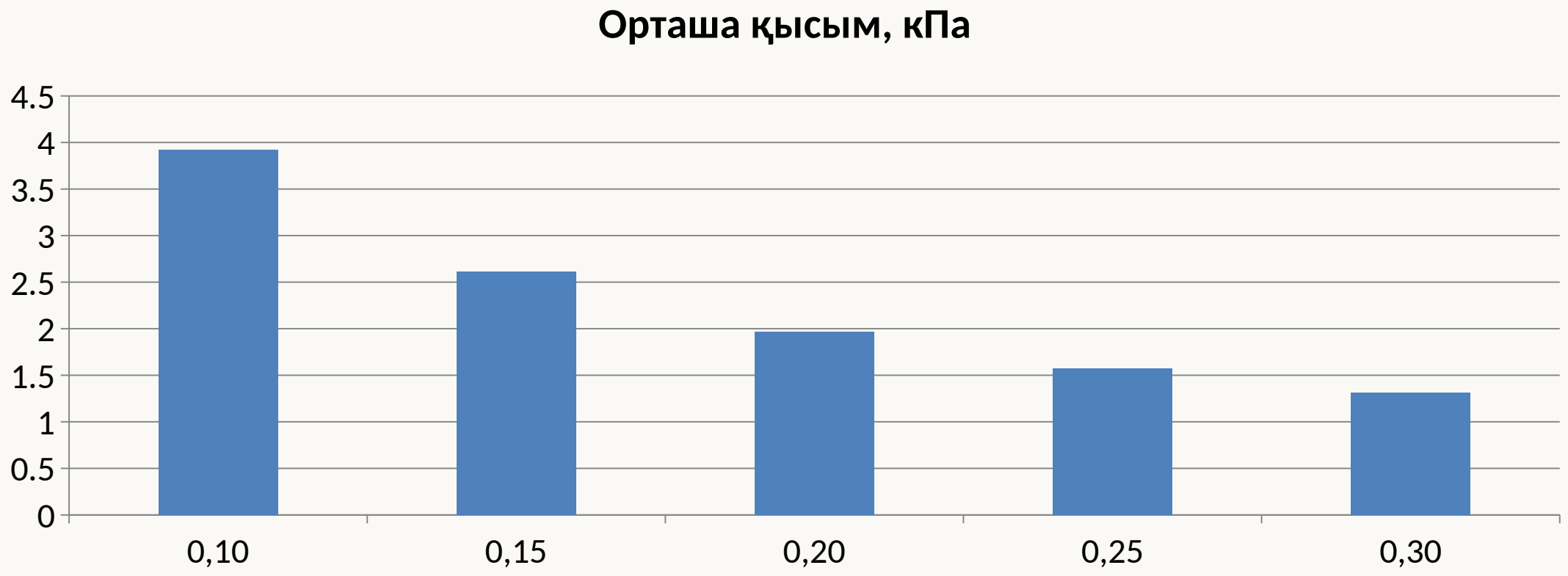
$$p = mg / A$$

$$F_t \leq \mu N$$

p — орташа тірек қысымы, A — табанның жиынтық жанасу ауданы; μ — үйкеліс коэффициенті; N — нормаль реакция.

Мысал: m = 40 кг; A = 0,20 м² → p ≈ 1,96 кПа (қарапайым статикалық бағалау). Нақты топырақтағы қысым біркелкі бөлінбеуі мүмкін.

Жанасу ауданының қысымға әсері



Есептік дерек: m = 40 кг, g = 9,81 м/с²; x осі — жиынтық жанасу ауданы, м².

Басқару және навигация

Қабылдау

Камера, лидар, IMU

Локализация

SLAM, одометрия

Жоспарлау

Жер бедері, кедергілер

Жетек басқаруы

Сол/оң табан жылдамдығы

Шынжыр табанды робот бұрылғанда бүйірлік сырғанау пайда болуы мүмкін, сондықтан қарапайым кинематикалық модель нақты траекторияны дәл қайталамауы ықтимал. Энкодер деректерін IMU және сыртқы сенсорлармен біріктіру пайдалы.

Пайдаланудағы инженерлік мәселелер

- Тозу және керу: шынжыр табан лентасының созылуы, роликтер мен мойынтіректердің зақымдануы.
- Энергия шығыны: үйкеліс, бұрылу және бедер кедергілері аккумулятор ресурсын қысқартады.
- Навигация: тайғанау мен діріл одометрия қателігін өсіреді, сенсор калибрлеуі қажет.
- Қауіпсіздік: еңіс пен кедергіні бағалау, байланыс үзілгенде қауіпсіз тоқтау.
- Эксплуатация: лентаға жиналған қоқыс, тазалау, герметизация және жоспарлы диагностика.

Практикалық кейс және бақылау сұрақтары

- Кейс: 40 кг инспекциялық робот 15° еңіспен көтерілуі керек. Ауырлық күшінің бойлық құраушысын есептеңіз.
- Есеп: $F_e = 40 \times 9{,}81 \times \sin(15°) \approx 101{,}6$ Н (басқа кедергілерді қоспағанда).
- Екі табанға түсетін тарту күшін және қажетті жетек моментін табу үшін қандай қосымша деректер керек?
- Тайғанау, аударылу және байланыс үзілуі тәуекелдерін азайту жолдарын ұсыныңыз.
- Сұрақтар: шынжыр табан қай ортада тиімді? Оның кемшіліктері қандай? SLAM не үшін қажет?

Әдебиет: Siegwart et al., Introduction to Autonomous Mobile Robots; Wong, Theory of Ground Vehicles.