



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

## СТВОРЕННЯ, ВИПРОБУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НА НАВКОЛОЗЕМНИХ ОРБИТАХ ПЕРШИХ ВІТЧИЗНЯНИХ НАНОСУПУТНИКІВ "ПОЛІІТАН" ФОРМАТУ

**РАССАМАКІН Борис Михайлович** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики, лабораторія теплових труб і наносупутникових технологій КПІ ім. Ігоря Сікорського

**БАЙСКОВ Микола Федорович** – науковий співробітник кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики теплоенергетичного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського

**КОВАЛЕНКО Євген Юрійович** – кандидат технічних наук, науковий співробітник кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики теплоенергетичного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського

**ДУШЕЙКО Михайло Григорович** – провідний інженер навчально-дослідницької лабораторії напівпровідникових перетворювачів кафедри мікроелектроніки факультету електроніки КПІ ім. Ігоря Сікорського

**ЛАУШ Анатолій Григорович** – головний конструктор ТОВ "НВС ТС"

**ПЕРШИН Микола Олексійович** – старший викладач кафедри радіоприймання та оброблення сигналів радіотехнічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського

**ХОМІНИЧ Віктор Іванович** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник кафедри техніки та електрофізики високих напруг факультету електроенерготехніки та автоматики КПІ ім. Ігоря Сікорського

**ЛАНЕВСЬКИЙ Євген Валерійович** – ген. директор ТОВ Діона-ЛТД.

E-mail: [bmrass@gmail.com](mailto:bmrass@gmail.com)



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### Актуальність роботи обумовлена наступним:

- Для тривалого перебування на низькій орбіті 90-400 км наносупутники (НС) – це практично єдиний рентабельний спосіб використання для досліджень на такій орбіті.

- До 2014 року Україна розробляла лише великі космічні апарати, а досвіду з НС до 10 кг і стандарту Cubesat, не мала взагалі.  
- Тенденції, ринкові спостереження та довгострокові прогнози аналітиків глобальних космічних проектів (зокрема, Space Works) показують, що в найближчі п'ять років потрібно буде запустити до 2400 нано- і мікросупутників (1-50 кг)

**Метою роботи** є створення платформи нового класу вітчизняних сверхмалих (1-10 кг) космічних апаратів – низькобюджетних наносупутників «ПолііТАН» формату CubeSat з довготривалим ресурсом знаходження на орбітах для перевірки нових технологій, приладів та досліджень навколоземного простору Землі.

**Авторами** створені наукові основи технології проектування, конструювання, виготовлення та випробувань наносупутників: «ПолііТАН-1» (формат «CubeSat», розмір 1U; запущений на орбіту Землі 19.06.2014 р., працює до теперішнього часу), «ПолііТАН-2» (формат «CubeSat», 2U; відділення від МКС – 26 травня 2017 р., термін знаходження на орбіті – до 06.02.2019р.), «ПолііТАН-3-PUT» (3U, Д33; виготовлена інженерна модель), «ПолііТАН-4-Plant» (3U, біологічний експеримент; виготовлена конструкторська документація), «ПолііТАН-5-Grav» (3U, дослідження мікрогравітації; виготовлена конструкторська документація).

**В роботі** проведено комплексні дослідження на орбіті Землі наносупутників «ПолііТАН» формату «CubeSat» при дії факторів космічного простору: перевищено гарантований термін знаходження на орбіті на 3 роки («ПолііТАН-1»); підтверджені розроблені методи оптимізації забезпечення запасу енергії наносупутників при мінімізації енергетичних витрат та створено алгоритми побудови циклограм електроживлення, підтверджено фізико-технічні основи конструктивно-технологічних рішень нанокристалічних і монокристалічних пристроїв – кремнієвих фотоелектричних перетворювачів і датчиків кутових координат Сонця; відпрацьовано вітчизняні підсистеми орієнтації та навігації з приймачем глобальних сигналів GPS/GLONAS. («ПолііТАН-1» та «ПолііТАН-2»).

Запуск і успішна експлуатація на орбіті НС ПолііТАН-1, а потім і ПолііТАН-2 привели до появи єдиної в Україні сверхмалих космічних апаратів – наносупутників стандарту Cubesat, а також до створення космічної системи на базі КПІ ім. Ігоря Сікорського (наземний та космічний сегменти).

**За своїми характеристиками** створені підсистеми вітчизняних наносупутників «ПолііТАН» формату «CubeSat» – на рівні світових аналогів, а деякі з них перевищують світові аналоги у цьому класі (наприклад, у підсистемі навігації). Також **уперше** для наносупутників формату CubeSat застосовані вуглепластикові несучі каркаси, що виконують комплекс функцій: несучі для фотоелементів і електромагнітів та захисні при циклічній дії тепла (холоду), а також космічних ультрафіолету й радіації, що дозволяє м Поліітан-1 функціонувати до теперішнього часу на орбіті 615 км.

# Що таке наносупутники?

Ще 20 років тому під словом «супутник» завжди розуміли щось надзвичайно дороге та громіздке. Проте зараз є можливість робити невеликі та одночасно з тим повнофункціональні апарати, що можуть виконувати дуже широкий спектр задач, таких як:

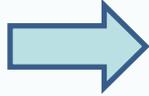
- екологічний моніторинг;
- дослідження геофізичних полів;
- астрономічні спостереження;
- дистанційна фото- та відеозйомка Землі;
- пошук корисних копалин;
- біологічні експерименти в космосі і т.д.



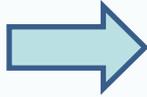
*Типовий наносупутник у порівнянні з людською долонею. Фото з сайту NASA.*

На сьогодні представлені в роботі наносупутники ПОЛІТАН (PolyITAN) є єдиними в Україні.

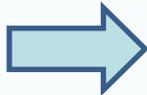
# Наносупутники команди ПОЛІТАН (PolyITAN)



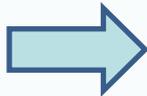
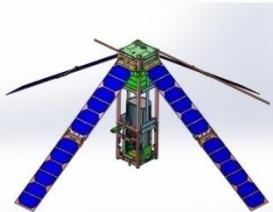
Перший український університетський наносупутник PolyITAN-1 стандарту CubeSat формату 1U (запуск 19.06.2014р.), який був повністю розроблений вченими, студентами та викладачами НТУУ КПІ. На даний момент супутник успішно працює (понад 5 років 9 місяців)--5...13слайд



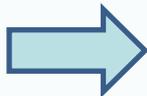
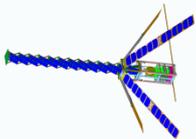
Наносупутник “ПоліІТАН-2” (PolyITAN-2-SAU) стандарту CubeSat формату 2U (міжнародний проект QB50, запуск 26.05.2017р., функціонував до 6 лютого 2019р. ) –14....24 слайд



Створення наносупутника PolyITAN-3 –PUT(Д33) стандарту CubeSat 3 U ( інженерна модель, запуск – 2021 р.) **Мета проекту** – провести фото- та відеозйомка з космосу поверхні Землі —25...26 слайд



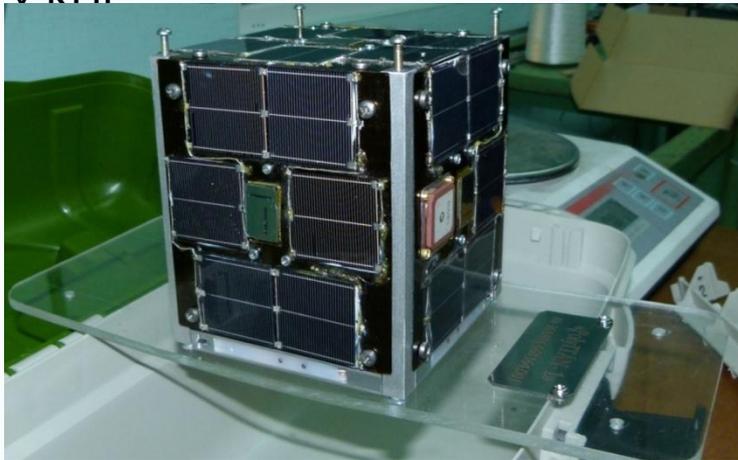
Створення наносупутника PolyITAN-4 –Plant стандарту CubeSat 3U (розроблено КД, виготовлені підсистеми, запуск-2022 р.) **Мета проекту** – провести біологічний експеримент з вивчення поведінки рослин в умовах тривалого перебування у закритому об'ємі під впливом мікрогравітації.----27 слайд



Створення наносупутника PolyITAN-5– Grav стандарту CubeSat 6U (розроблено КД, запуск -2023 р.)**Мета проєкту** – створення системи прогнозу сейсмоактивності земної поверхні на основі результатів навколосемних гравітаційних досліджень.----28 слайд

# Перший наносупутник команди: "PolyItan-1"

У четвер, 19 червня 2014 року о 19:11 UTC ракета "Дніпро-1" стартувала з космодрому Ясний (Оренбурзька область, Росія), маючи 33 космічних апарати на борту. Одним з них був перший український університетський наносупутник PolyITAN-1, який був повністю розроблений вченими, студентами та викладачами НТУУ КПІ



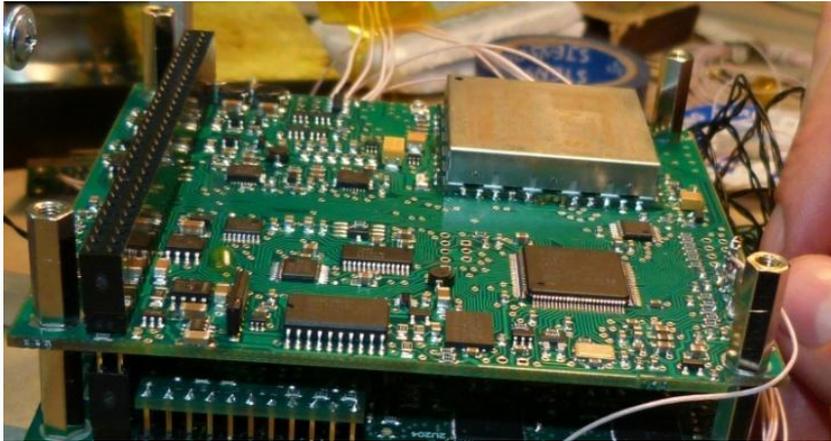
Льотний зразок - розроблене вченими, студентами та викладачами НТУУ КПІ

Центр управління супутником (UT4UZB) знаходиться на факультеті теплоенергетики в корпусі № 5 НТУУ "КПІ". Супутник був виведений на орбіту о 19:32 і був успішно прийнятий на частоті 437.675 МГц (без врахування Допплерівського зсуву). Маяк досі посилає телеметрію формату FSK 9к6. На даний момент супутник успішно працює протягом 5 років 9 місяців.

# Підсистеми супутника PolyTan-1

## Центральний процесор

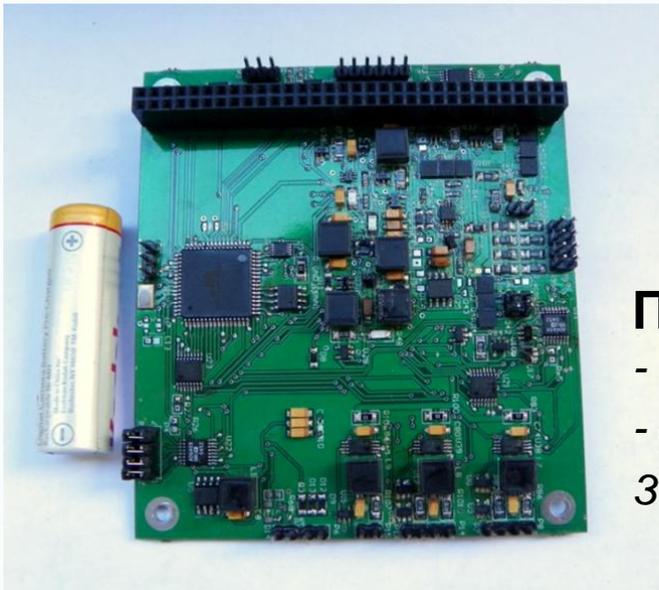
*Cortex – M4, споживання в межах 0,3 Вт*



## Підсистема зв'язку

*- приймач 144 MHz*

*- передавач 435 MHz*

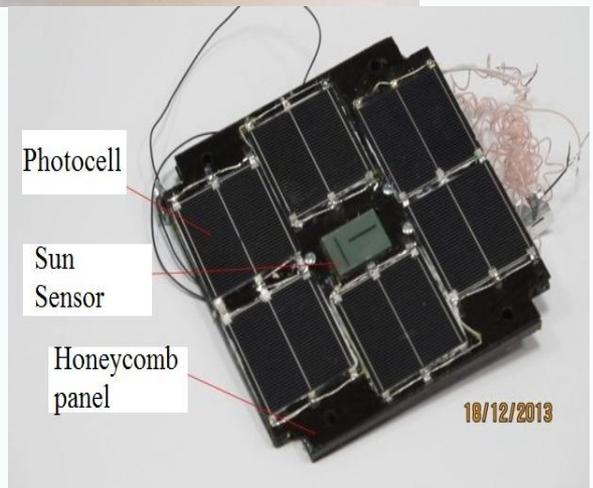


## Підсистема живлення

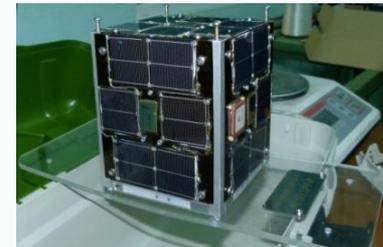
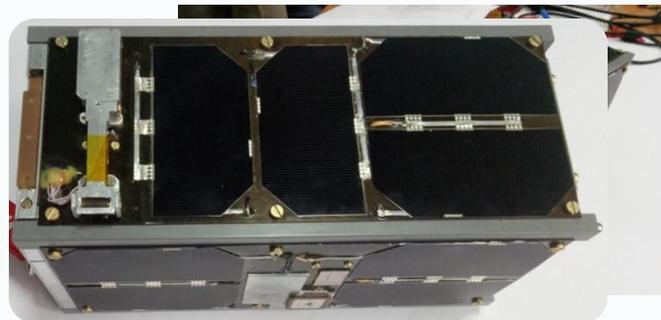
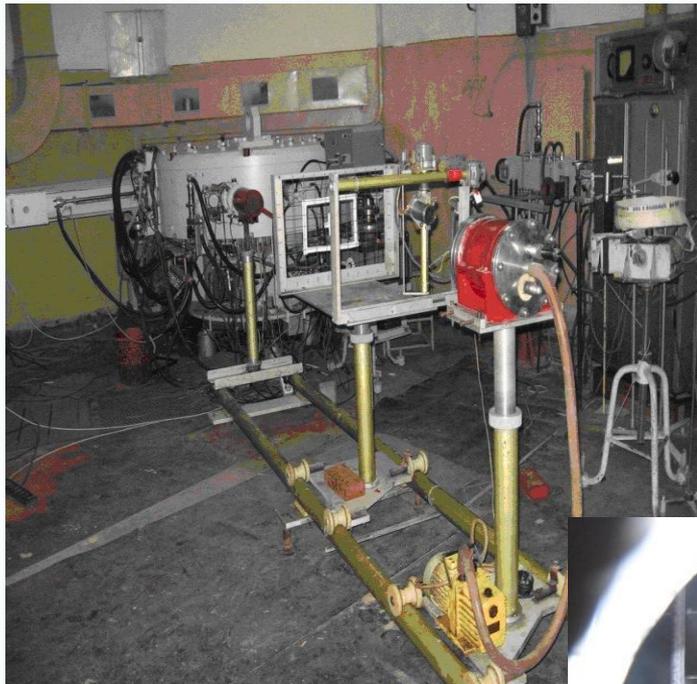
*- 5 сонячних батарей;*

*- ємність акумулятора:*

*30 Вт·год (3,3 В, 9,2 А·год)*



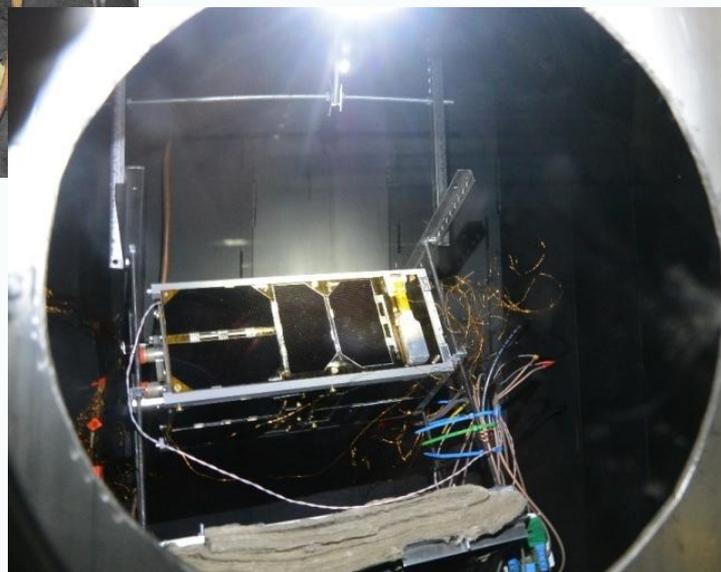
# Випробування наносупутників PolyItan



Радіаційні тести  
e+, p+



Вібротести



Термовакуумні випробування

# Термовакуумні випробування

Термовакуумні камери :ТВК-2.5 та ТВК -0.2 для тестування та термовакуумніх випробувань нано– та мікросупутників



ТВК-2.5



ТВК-0.2

Льотна модель нано супутника PolyItan-2



Льотна модель нано супутника PolyItan-1



АМСИТ для термовакуумніх випробувань нано – та мікросупутників

# Інформація у медіа про запуск 33 космічних апаратів ракетою РС-20 (Дніпро-1)

## ЗАПУСК 33 КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА РАКЕТЕ РС-20

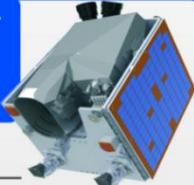


**KAZEOSAT**

SURREY  
КАЗАХСТАН  
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ

Казхстан Гарыш Сапары  
Республика Казахстан  
Масса КА: 177 кг

KazEOSat предназначен для широкополосной мультиспектральной съемки земной поверхности с разрешением 6,75м в интересах сельского хозяйства и землепользования, а также для контроля за природными ресурсами и стихийными бедствиями. Созданный на основе платформы SSTL-150, спутник является элементом гражданской группировки наблюдения Земли



**DEIMOS-2**

Spain  
elecnor  
deimos

ELECNOR-DEIMOS  
Испания  
Масса КА: 300 кг

Deimos-2 является первым испанским спутником D33 с оптико-электронной аппаратурой метрового разрешения. Он будет вести съемку земной поверхности в панхроматическом и мультиспектральном диапазонах для коммерческих пользователей во всем мире



**SAUDISAT-4**

SAUDI ARABIA  
مدينة الملك عبدالعزيز  
للعلوم والتقنية  
KACST

KACST, Саудовская Аравия  
Масса КА: 100 кг

SaudiSat-4 – научно-исследовательский спутник, на котором установлена полезная нагрузка для исследования процессов накопления/изменения электрических зарядов на поверхности приборов КА

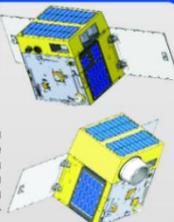


**HODOYOSHI-3,4**

Japan  
ほどうし 3,4  
東京大学  
THE UNIVERSITY OF TOKYO

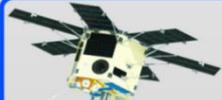
Университет г. Токио, Япония  
Масса КА: 58 кг & 64 кг

Спутники наблюдения Земли с разрешением 40м и 6м соответственно, оснащенные системами хранения и передачи данных. На борту Hodooyoshi-4 установлена ионная микродвигательная установка, работающая на коэноне, а также передатчик данных X-диапазона (320Mbps 16QAM)



**ТаблетСат-Аврора** СПУТНИК ООО "СПУТНИК", Россия  
Масса КА: 25 кг

Коммерческий аппарат, предназначенный для отработки созданной универсальной платформы в условиях космического пространства, а также для дистанционного зондирования Земли в интересах частной компании. Основным назначением КА является оптическая съемка Земли с разрешением 15 метров



**UNISAT 6**

Италия  
Группа астродинамики по использованию космических систем, Италия

UNISAT-6 представляет собой гражданский научный спутник для испытания созданного Заказчиком оборудования в условиях космоса. Он также, предназначен для отделения на орбите КА типа CubeSat (Tigrisat, AeroCube6, Antelsat, Lemur-1), разработанных университетами разных стран

Масса КА: 26 кг



**BRITE-Toronto/BRITE-Montreal**

Canada  
XPOD Systems  
ULTRAS  
SFL  
Space Flight Laboratory

Два наноспутника, входящих в орбитальную группировку BRITE, которые будут улавливать свет ярких звезд. BRITE является первой спутниковой группировкой, предназначенной для изучения фундаментальных проблем астрофизики

Масса КА: 7 кг



**APRIZESAT 9 & 10**

USA  
SpaceQuest  
США

КА "AprizeSat-9" и "AprizeSat-10" являются спутниками связи и служат для передачи и получения небольших пакетов данных со стационарных и мобильных станций и отслеживания координат судов в морских акваториях

Масса: 14 кг



**BugSat-1 & 21 CubeSats**

ISIS ISL QuadPack Systems

Q850P1 & Q850P2 | NANOSAT-BR1 | FERBEUS-M1 & FERBEUS-M2  
FLOCK1C-1 / FLOCK1C-11 | DTUSAT-2 | OUCHIFAT | POPSAT-HIP1 | PACE | POLYPLAN-1

5 пусковых контейнеров QuadPack (разработанных компанией ISIS, Нидерланды) используются для выведения 21 КА типа CubeSats.

Пусковой контейнер QuadPack представляет собой модульную адаптируемую систему отделения для КА типа CubeSat. Он вмещает несколько КА различной конфигурации, имеет простой интерфейс с ракетой-носителем и используется при запуске и отделении большого количества КА.

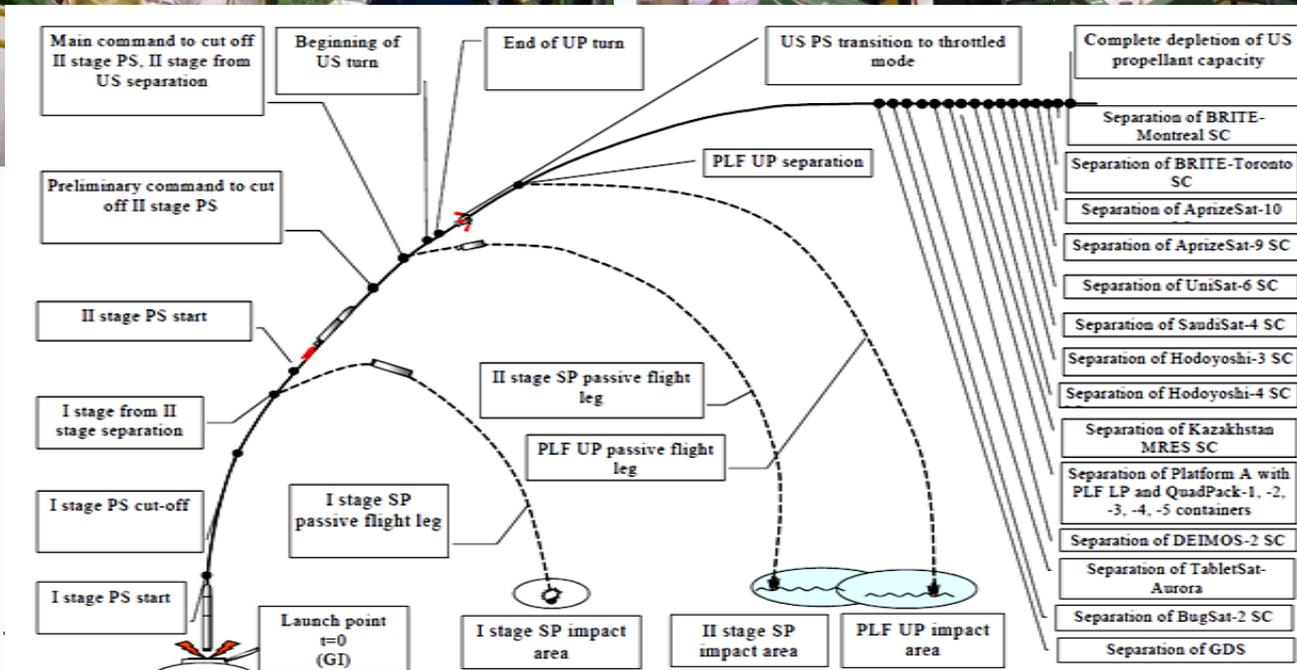
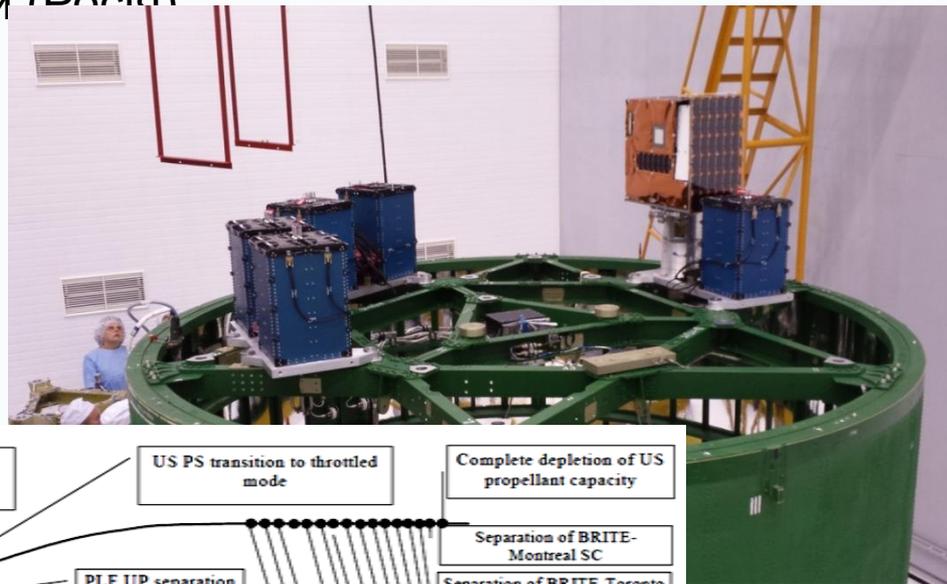
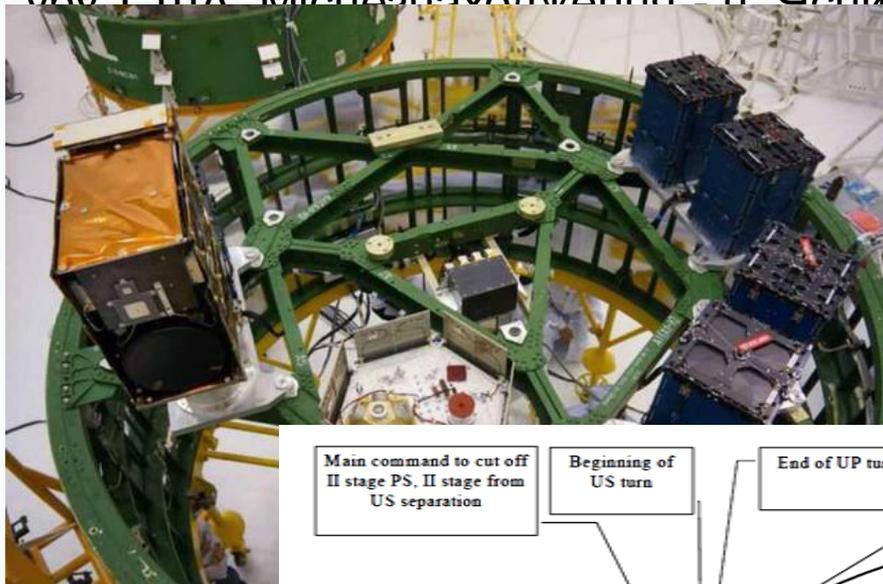
BugSat-1- гражданский спутник среднего разрешения для ДЗЗ в мультиспектральном диапазоне. (разработан компанией Satellogic S.A., Аргентина, Масса КА: 23 кг)



# Підготовка та пуск ракети Дніпро-1

Космічні апарати

Казахстану, Іспанії, **України**, Аргентини, Бельгії, Бразилії, Данії, Ізраїлю, Сінгапуру, США, Мічиганського університету, Росії (Росія)



# Структура наземного сегменту



# Обладнання наземного сегменту

- **AlphaSpid Az-EI** контролер двигунів
- BPSK-трансивер, виготовлений компанією **Diona**
- AX.25 модем (ПЗ – власне)
- ПК
  - Ham Radio Deluxe
  - Rotor control hardware and Software
- Джерело безперервного живлення
- TCP/IP, інтернет-підключення

На дах до антен



2x4 керування двигунами

AlphaSpid control

PC COM port

DIONA BPSK трансивер

Коакс. кабелі  
2xBelden RG-8  
145 Mhz  
436 Mhz



TRX

Data interface

USB interface



GCS  
PC

Мережа TCP/IP

MCC link



# Онлайн телеметрия наноспутника PolyITAN-1 із німецького сайту [www.dk3wn.info](http://www.dk3wn.info)

## PolyITAN-1 Telemetry

TUESDAY, MAY 1, 2018 W2RTV LEAVE A COMMENT

Sat Mode	Beacon	RTC	5/1/2018 4:31:20 PM
Magnetometer X	0 nT	Magnetometer Y	0 nT
Gyroscope X	0 °/s	Gyroscope Y	0 °/s
Battery 1 Energy	22499 J	Battery 2 Energy	3303 J
Battery 1 Curr	38 mA	Battery 2 Curr	169 mA
Battery 1 Temp	0.0 C	Battery 2 Temp	101.8 C
Battery Voltage	3841 mV	Battery Charge	368.7 %
Curr 3V3	22 mA	Curr 5V	1.0 mA
Temp ADC	0.0 C	Errors Power	32
Errors OBC	0	SS256	20
Power SolarPanel 1	3856 mW	Power SolarPanel 2	192 mW
		Power SolarPanel 3	0 mW

Status Device	3	RTC	5/1/2018 4:33:00 PM
Volt 3v3 RF	3213 mV	Volt 3v3 dig	3294 mV
Temp PA1	12.6 C	Temp PA2	26.1 C
		Volt 3v3 PA	3295 mV

beacon message CQ de EM0UKPI QSL via UT4UZB 2018-05-01 16:30:08.750 UTC

### Battery 2 Temp (C)

Time	Temp (C)
16:29	100
16:30	128
16:30	128
16:31	140
16:31	140
16:32	108
16:33	132
16:34	120
16:35	118

## PolyITAN-1 Telemetry

FRIDAY, JUNE 22, 2018 VLADIMIR LEAVE A COMMENT

Sat Mode	Postlaunched	RTC	01.01.1970
Magnetometer X	0 nT	Magnetometer Y	0 nT
Gyroscope X	0 °/s	Gyroscope Y	0 °/s
Battery 1 Energy	0 J	Battery 2 Energy	0 J
Battery 1 Curr	0 mA	Battery 2 Curr	0 mA
Battery 1 Temp	0.0 C	Battery 2 Temp	0.0 C
Battery Voltage	0 mV	Battery Charge	0.0 %
Curr 3V3	0 mA	Curr 5V	0.0 mA
Temp ADC	0.0 C	Errors Power	0
Errors OBC	0	SS256	0
Power SolarPanel 1	0 mW	Power SolarPanel 2	0 mW
		Power SolarPanel 3	0 mW

Status Device	3	RTC	22.06.2018 22:35:38
Volt 3v3 RF	3200 mV	Volt 3v3 dig	3287 mV
Temp PA1	19.8 C	Temp PA2	29.7 C
		Volt 3v3 PA	3287 mV

beacon message 2018-06-22 22:35:28.613 UTC

### Temp PA2 (C)

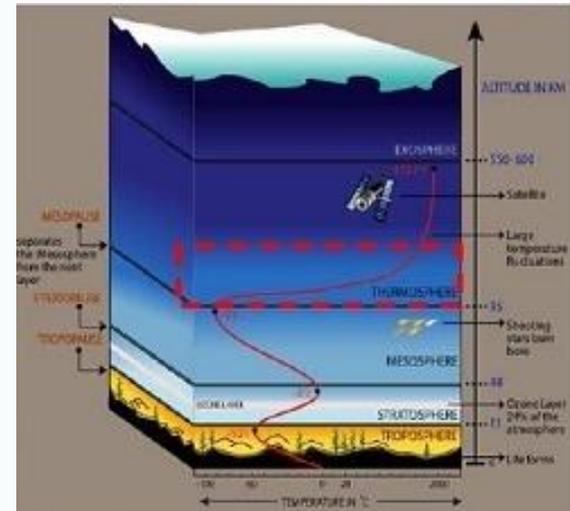
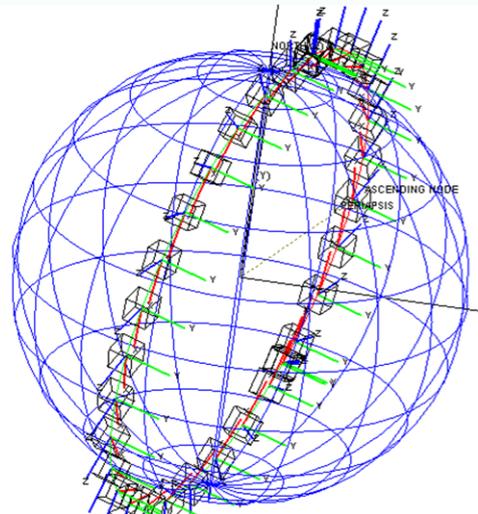
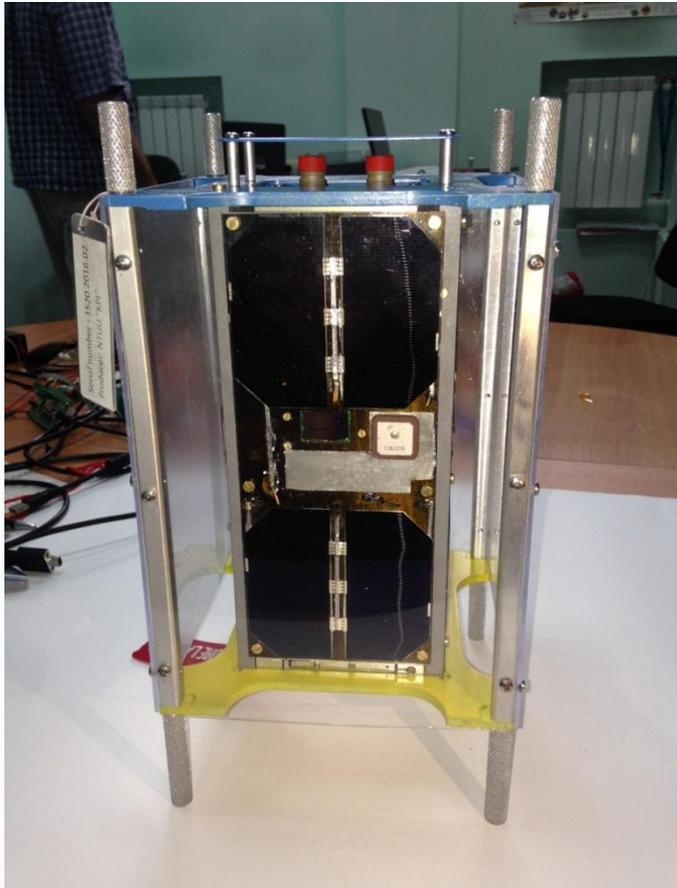
Time	Temp (C)
00:00	30
22:34	30
22:35	30
22:35	30
22:35	30

# Другий наносупутник: «PolyITAN-2-SAU» (формат 2U-CubeSat)

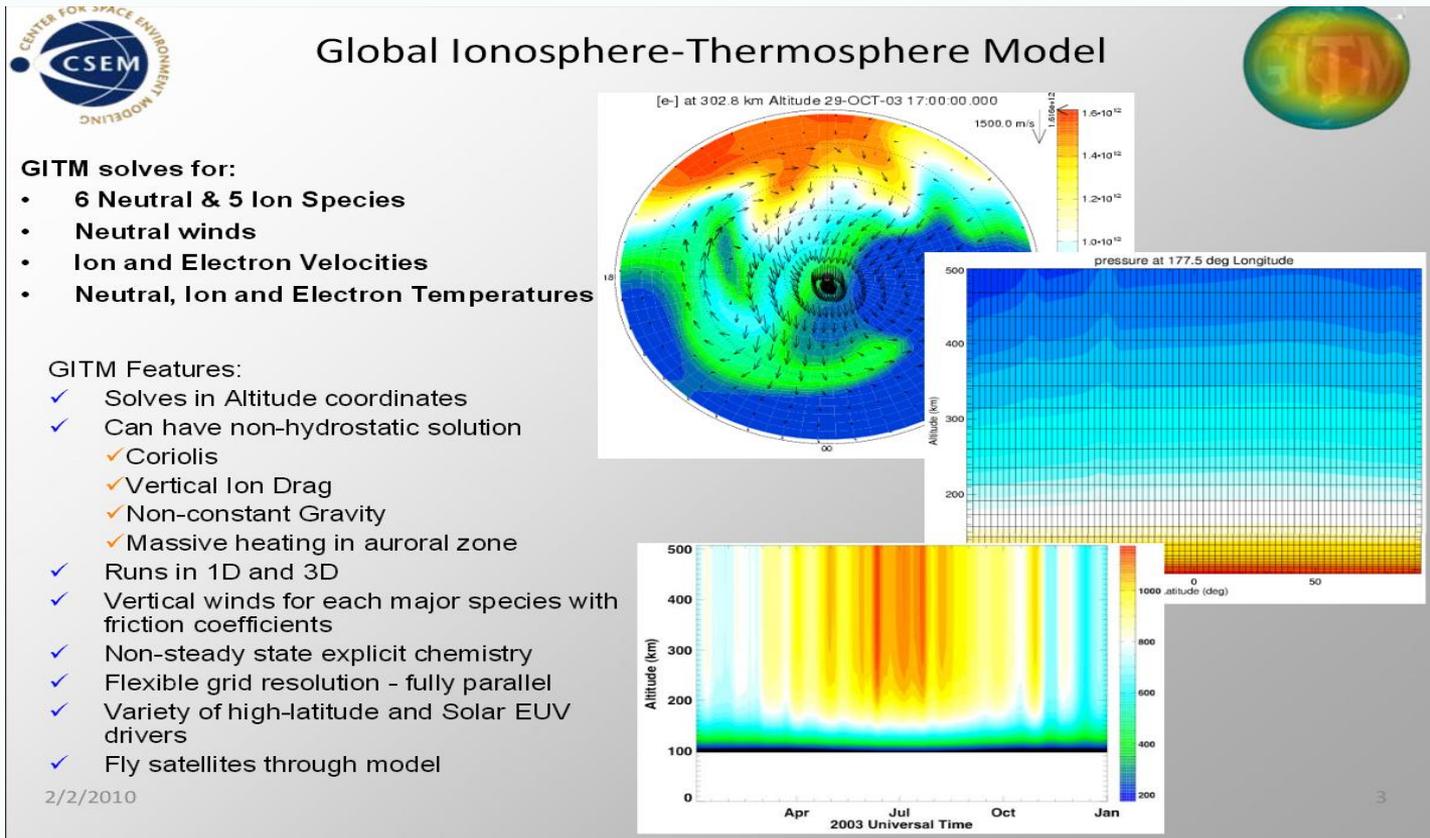
(Міжнародна програма з дослідження термосфери як найменш вивченого шару атмосфери Землі)



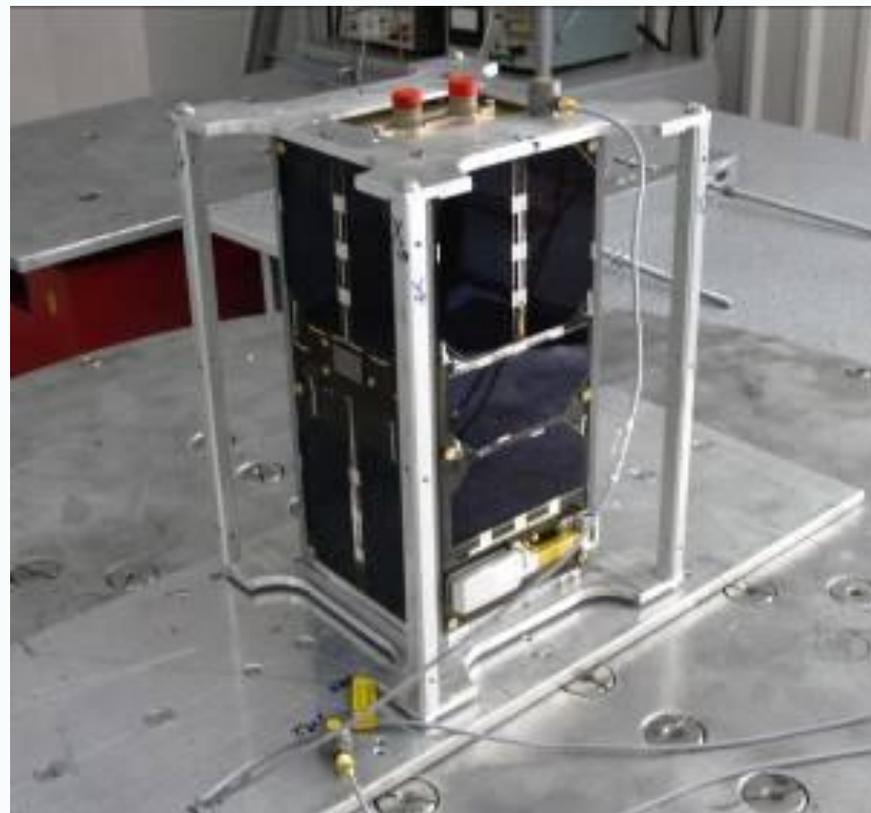
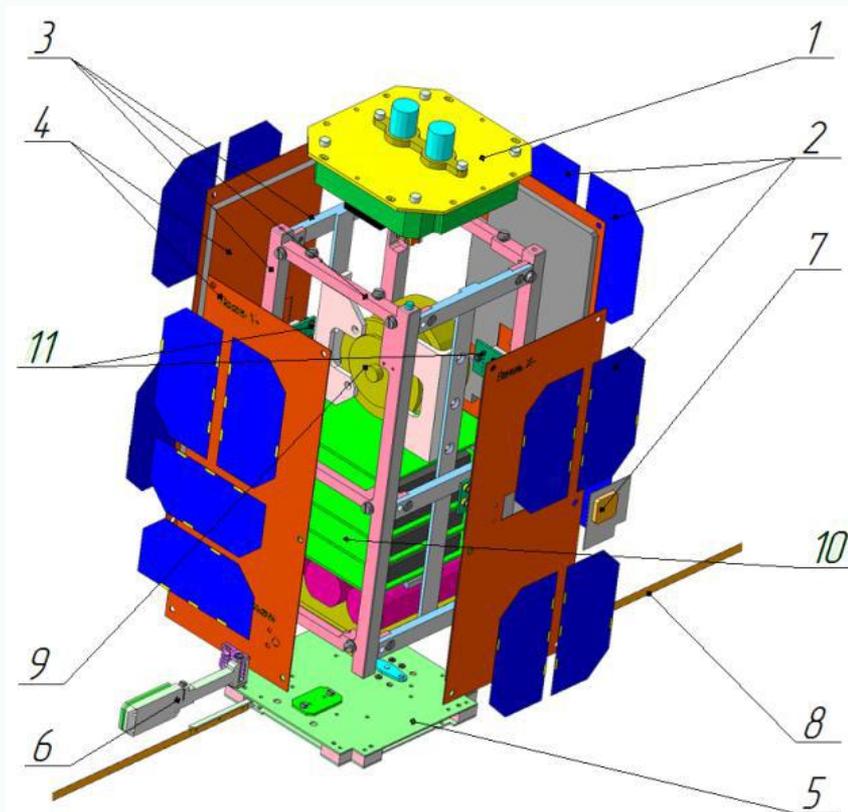
**QB50**, an FP7 Project



Цей наносупутник є частиною міжнародної мережі QB50 для багатоетапних вимірювань в іоносфері та нижній термосфері. Цим проектом Європейського Союзу керує Інститут фон Кармана (Бельгія). Отримані дані (Глобальну Модель Іоносфери-Термосфери – GITM) планується використати для створення та порівняння баз даних польоту і, головне, як інструмент для прогнозування атмосферних аномалій. Також планується провести кількісну оцінку чутливості датчиків і створити свою базу даних для поліпшення моделі, заснованої на результатах.



# Склад супутника PolyITAN-2-SAU і його транспортне положення

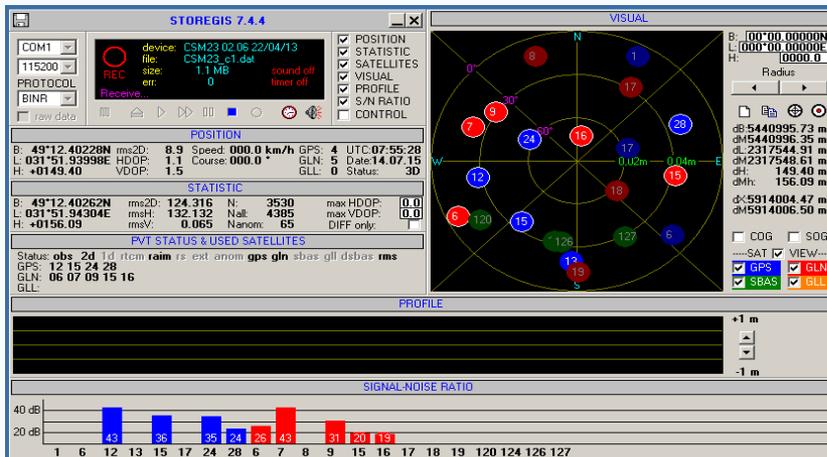
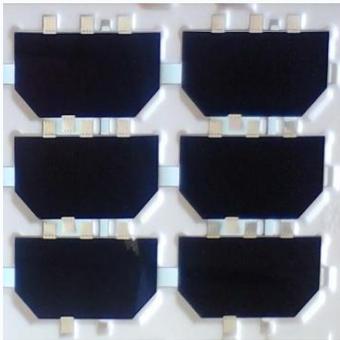


1 – корисне навантаження (FIPEX); 2 – сонячні елементи; 3 – каракас супутника; 4 – сотопанелі; 5 – антенний модуль; 6 – магнітометр; 7 – антена GPS/Glonass; 8 – радіоантена; 9 – маховик; 10 – електронна платформа; 11 – датчик напрямку на Сонце

# Підсистеми PolyItan-2-SAU

Центральний процесор та система обробки даних

Підсистема живлення

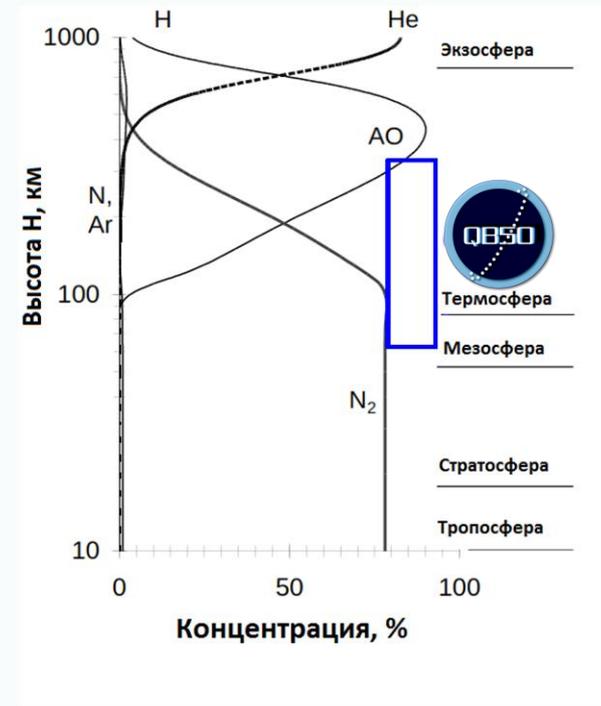
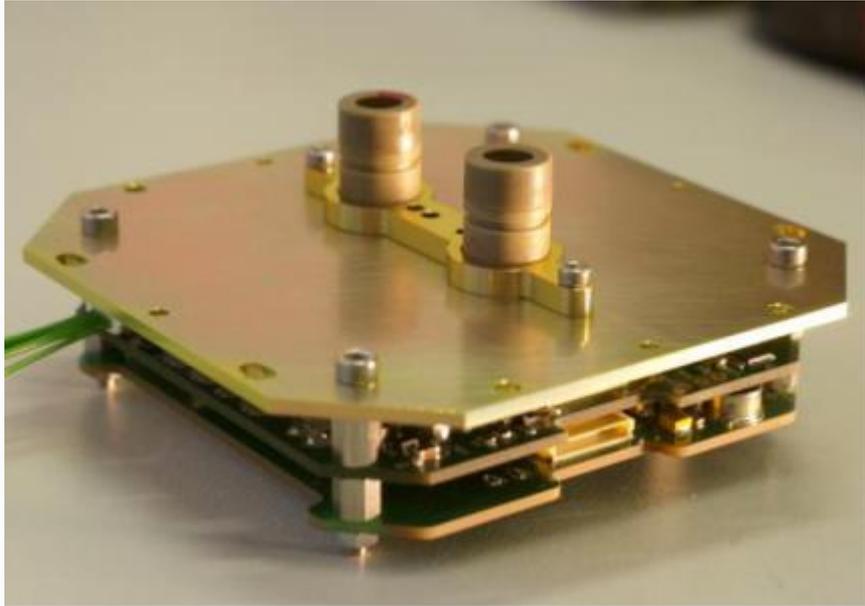


Підсистема навігації



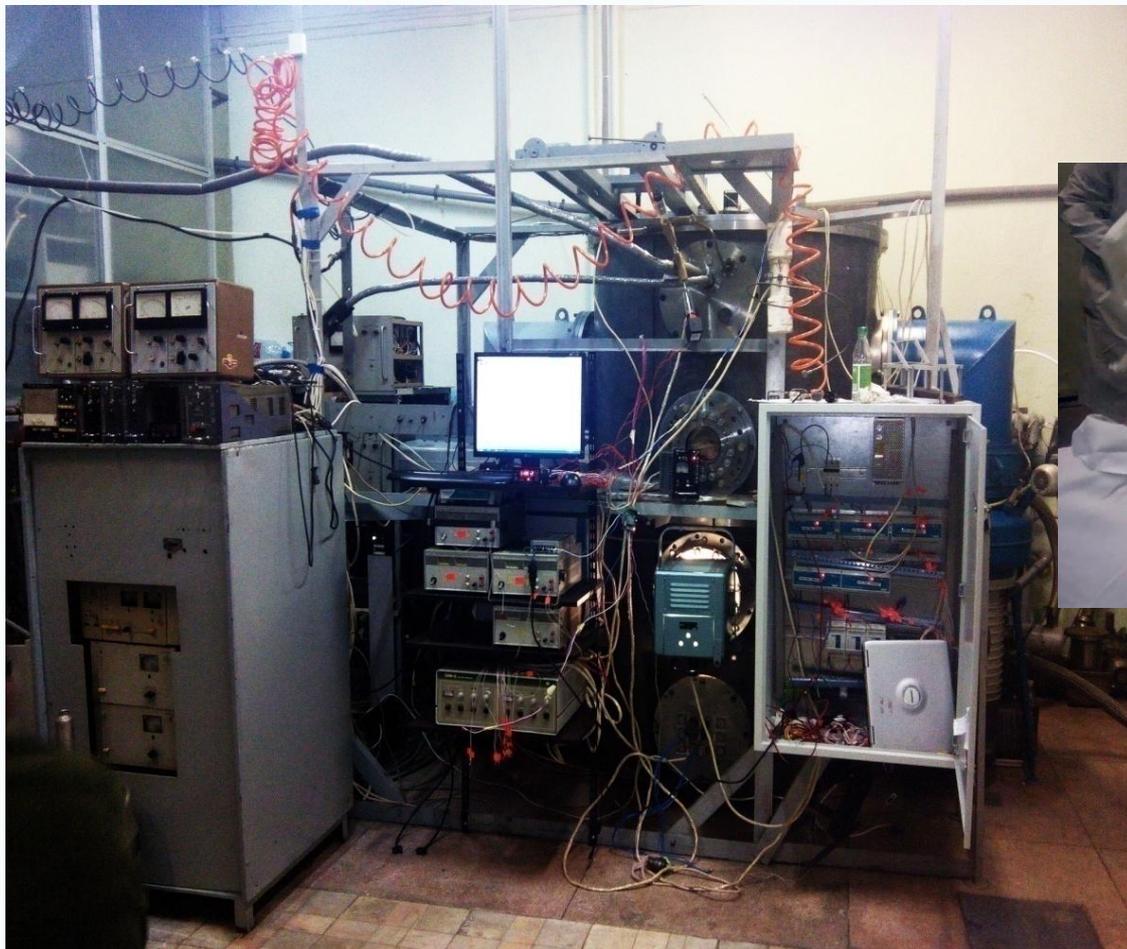
Радіоканал

# Корисне навантаження PolyITAN-2-SAU

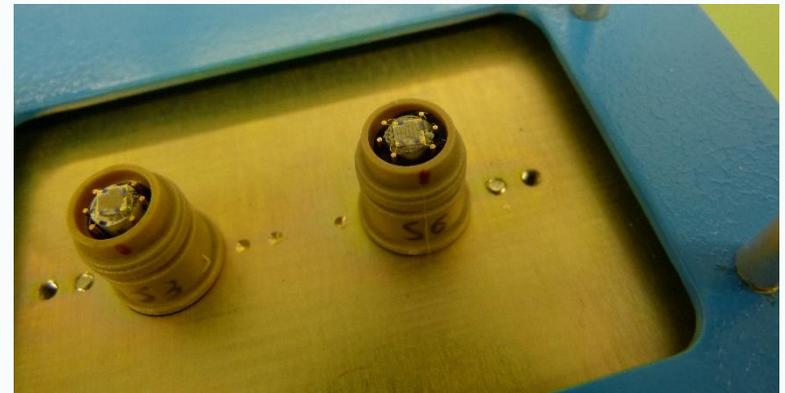
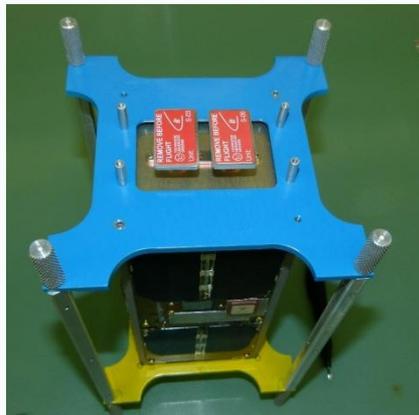


FIPEX (Flux Probe Experiment) – експериментальний датчик забору зустрічного потоку, здатний розрізнити і вимірювати характеристики атомарного і молекулярного кисню. Атомарний кисень є найбільш поширеною речовиною на висоті 90–380 км, тому його оцінка є визначальним чинником у моделі атмосфери.

Налаштування програмного забезпечення  
вимірювальної системи камери ТВК-2,5 перед  
термовакуумними випробуваннями інженерної та  
льотної моделей наносупутників (НТУУ КПІ, Київ)



# Інтеграція датчиків FIPEX на льотну модель PolyITAN-2-SAU (Технічний університет м.Делфт, Голандія)



# Наносупутники, що запускалися за проектом QB50 (ракета Atlas V)



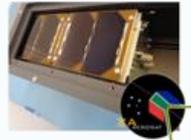
AU01 - SUSat  
University of Adelaide



AU02 - UNSW-ECO  
University of New South Wales



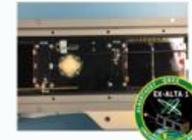
AU03 - INSPIRE-2  
University of Sydney



AZ01 - ZA-AEROSAT  
Stellenbosch University



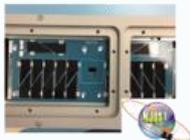
AZ02 - nSIGHT-1  
SCS Space



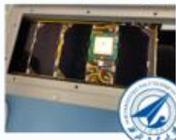
CA03 - ExAlta-1  
University of Alberta



CN02 - Lilacsat-1  
Harbin Institute of Technology



CN03 - NJUST-1  
Nanjing University of  
Science and Technology



CN04 - AoXiang-1  
Northwestern Polytechnical  
University



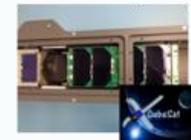
DE02 - SOMP2  
Technische Universität  
Dresden



ES01 - QBITO  
Universidad Politécnica  
de Madrid



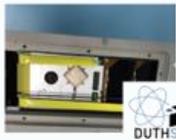
FI01 - Aalto-2  
Aalto University



FR01 - X-CubeSat  
École Polytechnique



FR05 - SpaceCube  
École des Mines ParisTech



GR01 - DUTHSat  
Democritus University of Thrace



KR01 - LINK  
Korea Advanced Institute of  
Science and Technology



KR02 - SNU SAT-1  
Seoul National University



TR01 - BeEgLeSAT  
Istanbul Technical University



TR02 - HAVELSAT  
Havelsan



TW01 - PHOENIX  
National Cheng Kung University



UA01 - PolyITAN-2-SAU  
National Technical University  
of Ukraine



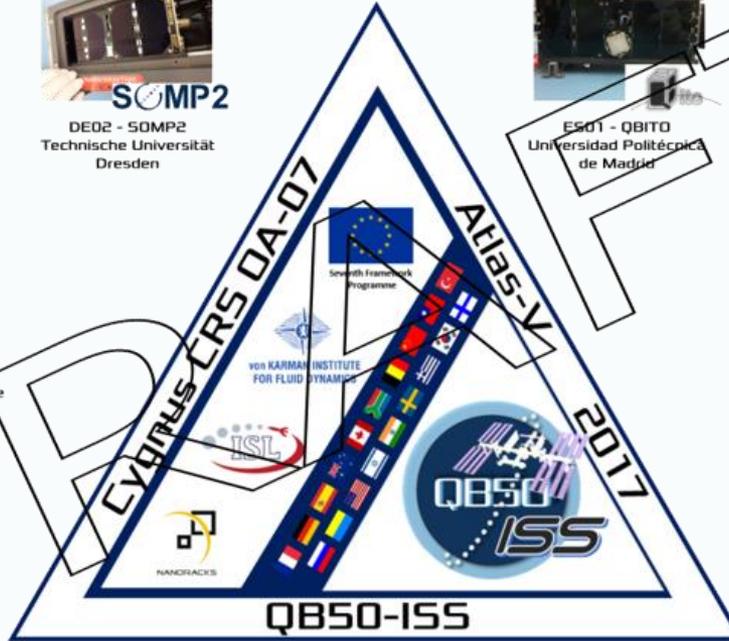
US01 - Challenger  
University of Colorado



US02 - Atlantis  
University of Michigan



US04 - Columbia  
Universidad del Turabo



# Вивід PolyTAN-2 ракетою Atlas V та запуск з Міжнародної космічної станції (травень 2017)

## Запуск ракети Atlas V



## Технологія запуску НС з МКС



## Наносупутники у космосі



# Онлайн телеметрия супутника із німецького сайту [www.dk3wn.info](http://www.dk3wn.info)

## PolyITAN-2-SAU WOD telemetry

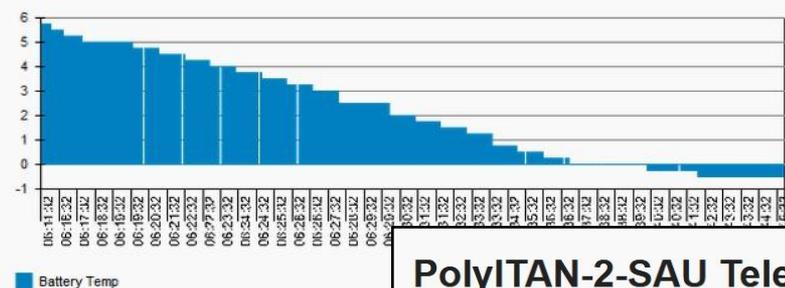
THURSDAY, AUGUST 23, 2018 DK3WN LEAVE A COMMENT

### Whole Orbit Data

Sequence 5598  Mode NORM  Battery Voltage 3.34 V  
 Battery Curr 382.35 mA  3V3 FIPEX Curr 0.00 mA  5V FIPEX Curr 0.00 mA  
 COMM Temp 9.50 C  EPS Temp 9.00 C  Battery Temp 5.75 C

time span: 23/08/2018 06:14:32 -> 23/08/2018 06:46:32 QBUA01 -> QST 23/08/2018 06:14:32

### Battery Temp



## POLYITAN-2 Telemetry

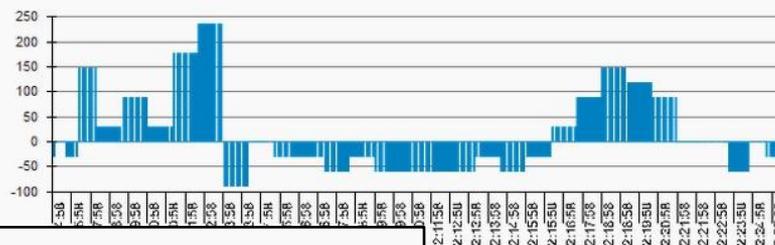
SATURDAY, JULY 21, 2018 W2RTV LEAVE A COMMENT

### Whole Orbit Data

Sequence 9169  Mode NORM  Battery Voltage 3.39 V  
 Battery Curr -29.41 mA  3V3 FIPEX Curr 0.00 mA  5V FIPEX Curr 0.00 mA  
 COMM Temp 16.00 C  EPS Temp 19.75 C  Battery Temp 15.50 C

time span: 7/20/2018 11:54:58 PM -> 7/21/2018 12:26:58 QBUA01 -> QST 7/20/2018 11:54:58 PM

### Battery Curr



# Опис космічної системи наносупутників POLYITAN

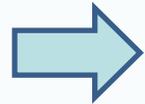


# Подальші наносупутники НТУУ КПІ

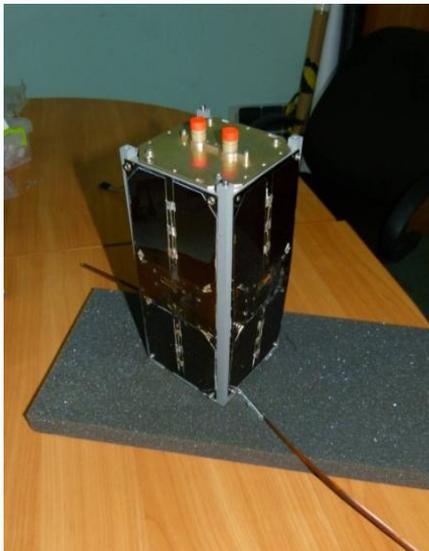
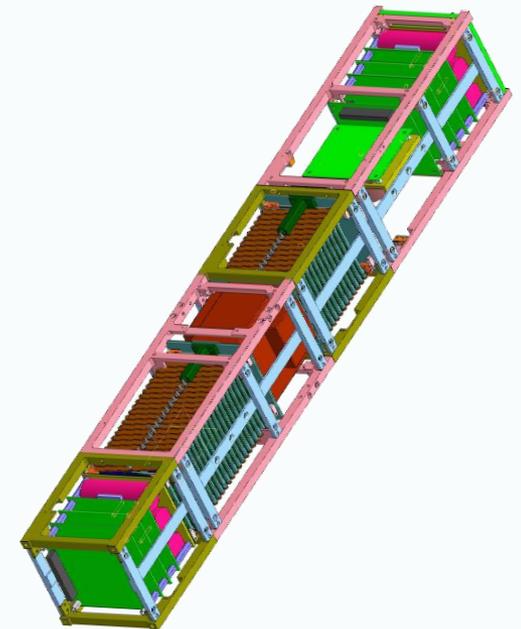
**PolyITAN-1, 2014**



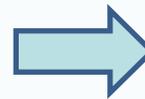
**PolyITAN-3-PUT, 2018-2021, фото- та відеозйомка з космосу**



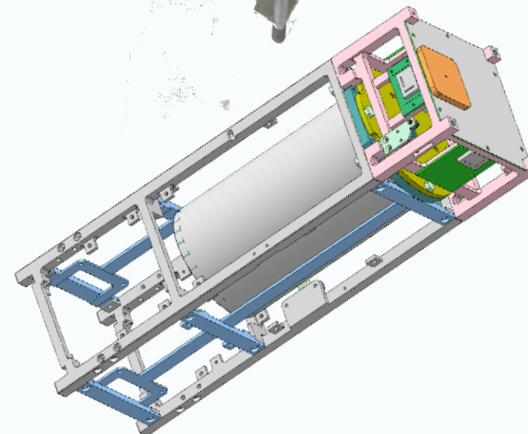
**PolyITAN-5,-Grav 2023, гравітаційні дослідження**



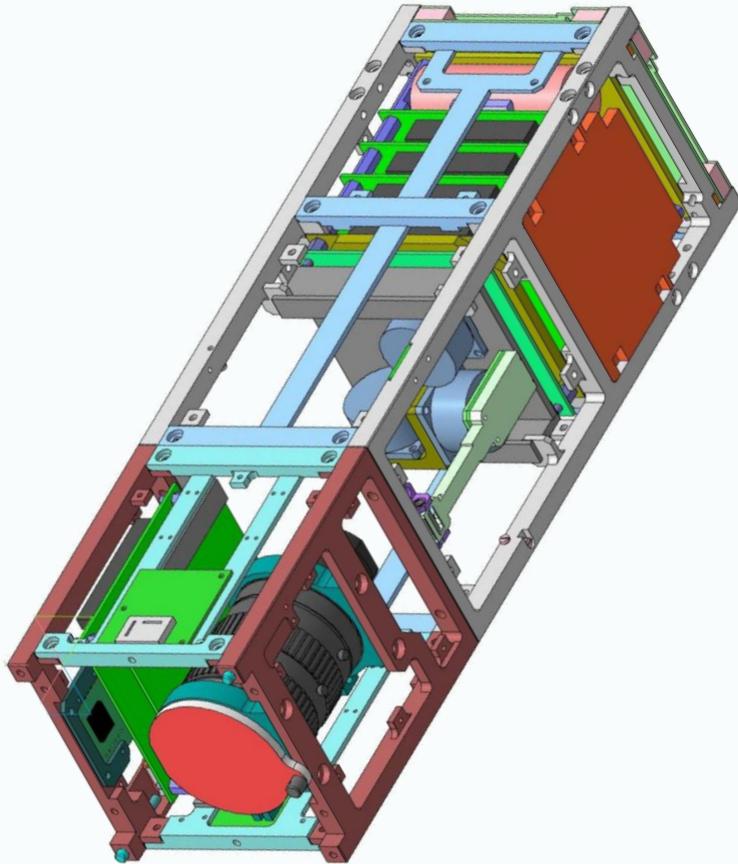
**PolyITAN-2-SAU, 2017, QB50**



**PolyITAN-4-Plant, 2022, біологічні експерименти**



# Характеристики супутника PolyItan-3-PUT (ДЗЗ)



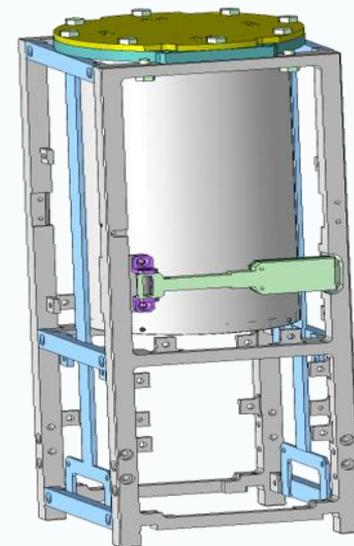
- 3U cubesat, до 4 кг;
- камера з глобальним затвором;
- роздільна здатність 30–15 м/пікс.;
- сонячні батареї з ККД 28 %;
- розгортання антени;
- магнітометр, 3-осьовий міні-маховик, сонячний датчик координат, датчик орієнтації по зірках, GPS+GLONASS/GALILEO;
- швидкісний радіоканал, що працює на частоті 5,65 ГГц;
- супутник розрахований на 3 роки роботи.

# Наносупутник PolyITAN-4- Plant для довгострокових експериментів з рослинами в умовах мікрогравітації

Постановники експерименту – Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАНУ та Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка в м. Києві

Можливості та технічні характеристики гермоблока:

- ❖ світлодіодне освітлення з можливістю регулювання яскравості та спектра; освітлення зверху з інтенсивністю 300 Вт/м (біле 225 Вт/м, червоне 75 Вт/м); світловий період еквівалентний наземному (16 год – день та 8 год – ніч);
- ❖ непрозоре покриття, що забезпечуватиме ізоляцію від світла Сонця;
- ❖ підтримка заданої температури  $18 \pm 1$  °С;
- ❖ датчики вологості, 4 виміри вологості ґрунту на добу;
- ❖ контроль кількості CO<sub>2</sub> (2 виміри на хвилину);
- ❖ вентилятор із захистом для забезпечення конвекції газів усередині гермоблока;
- ❖ камера з можливістю моніторингу в ІЧ-спектрі, фотозйомка від 1 і більше зображень на день;
- ❖ розміри гермоблока 80×80×160\* мм, його вага не перевищить 2 кг.



# Наносупутник PolyITAN-5-Grav для прогнозу сейсмоактивності земної поверхні на основі результатів навколоземних гравітаційних досліджень

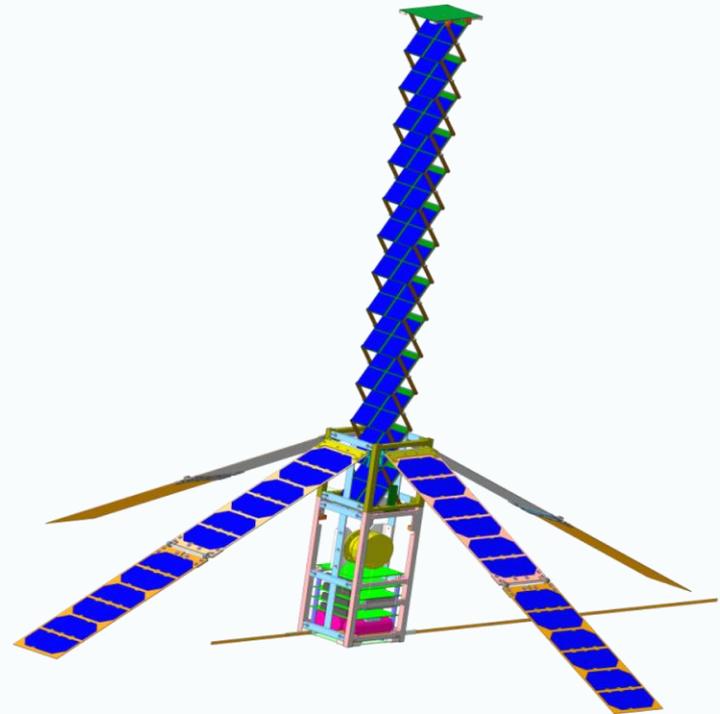
Постановники експерименту – АТ "НВК "Курс"АТ , м.Київ

Робота наносупутника PolyITAN-5-Grav базуватиметься на визначенні різниці в гравітаційному полі за допомогою двох просторово рознесених на певну відстань приймачів GPS/GLONASS українського виробництва

## Унікальність проекту "PolyITAN-5-GRAV:

- Вперше буде розроблений та виготовлений сучасний цифровий диференційний радіофізичний гравіметр, що використовує релятивістський ефект гравітаційного зміщення частоти електромагнітного сигналу.

-Буде створено унікальну технологію моніторингу параметрів гравітаційного поля Землі з метою прогнозу сейсмоактивності будь-якої точки земної поверхні.



## Висновки

Представлена робота є підсумком колективних досягнень авторів, що привели до подальшого розвитку космічної галузі держави, а саме до розроблення єдиної в Україні наносупутникової системи PolyITAN, яка включає в себе два вдало запущених наносупутники, три в процесі розробки, наземну станцію та комплекс обладнання для їх виготовлення і тестів.

Основні результати роботи:

-- Створені наукові основи технології проектування, конструювання та виготовлення підсистем наносупутників "ПолііТАН-1" (PolyITAN-1) та "ПолііТАН-2"(PolyITAN-2-SAU) формату «CubeSat».

- На основі теоретичних досліджень, експериментів та розробки засобів та методів енергоощадної системи електроживлення, надійного радіозв'язку та енергоефективного теплового режиму роботи електронних платформ, обґрунтовані технології забезпечення довготривалого знаходження на орбітах Землі наносупутників "ПолііТАН-1" (PolyITAN-1) та "ПолііТАН-2"(PolyITAN-2-SAU) формату "CubeSat».

- Запропоновано та впроваджено нові надлегкі, тепло- та радіаційно- захисні конструкційні матеріали, сотопанельні вуглепластикові конструкції космічного застосування, програмне забезпечення з енергоощадними алгоритмами та засоби контролю стану акумуляторних батарей та електронної платформи наносупутників. На орбіті Землі відпрацьовані вітчизняні підсистеми орієнтації та навігації з приймачем глобальних сигналів GPS\GLONASS з точністю знаходження по висоті до 3 м. В реальних умовах космосу підтверджені фізико-технічні основи конструктивно-технологічних рішень плівкових нанокристалічних та монокристалічних пристроїв - ФЕПів та сенсорів кутових координат Сонця.

- Розроблено електронну архітектуру та концепцію електронної платформи НС PolyITAN-1 та PolyITAN-2-SAU, запропоновано склад електронних модулів та їх функції, створено та експериментально досліджено зразки електронної платформи.

– Розроблено та створено модуль зв'язку електронної платформи НС з корисним навантаженням – мас-спектрометром FIPEX (ФІПЕКС), відпрацьовано технологію їх сумісної роботи.

- Запропоновано, розроблено та створено алгоритм управління та обміну даними між наземною станцією та НС PolyITAN-1 та PolyITAN-2-SAU. Розроблено формат і структуру даних телеметрії, що надходять від супутника до НСУ.

- Спроектовано, експериментально досліджено та в умовах космосу підтвержено функціонування системи електроживлення для НС.

- Вперше для кубсатів теоретично обґрунтовано та створено систему попарного підключення сонячних батарей до перетворювачів із вбудованим контролером відбору максимальної потужності, яка дає можливість зменшити втрати енергії й істотно підвищує відмовостійкість роботи НС.

– Розроблено та створено нові конструкції мініатюрних щілинних сенсорів кутових координат Сонця, методики їх калібрування.

– Розроблено, створено й експериментально випробувано датчик координат Сонця та інструментальне програмне забезпечення для тестування і налагодження компонентів супутника.

– Створено наземну нову технологію відпрацювання системи навігації супутників із приладом – імітатором навігаційних сигналів СН 3810, і відпрацьовано інтерфейс обміну між навігаційним приймачем НС та цим приладом.

-Нові технологічні та науково-технічні результати розробки, випробування та дослідження на навколосемних орбітах перших вітчизняних наносупутників Поліітан -1 та Поліітан -2 формату Cubesat дозволяють створити принципово нові конструкції малих космічних апаратів, в тому числі наносупутників ПолііТАН -3 -PUT, ПолііТАН-4-Plant (БИО), ПолііТАН -5- Grav (Гравісат) формату Cubesat, та використати їх для потреб народного господарства України.

Ці результати роботи дають Україні можливість покладати на наносупутники деякі космічні задачі національного масштабу та роблять країну незалежною від іноземних компаній, збільшують довіру до отриманих даних і дають змогу отримувати вигоду за рахунок продажу інформації, самих апаратів або їх систем. Також досвід, отриманий під час розробки та експлуатації наносупутників, враховується під час побудови великих супутників, що, безумовно, також підсилює науково-технічний потенціал нашої країни.