



Съфинансирано от
Европейския съюз



Физическо моделиране на система за повдигане с използване на хидравлично налягане и инерциални измервателни сензори

Михаил Муков

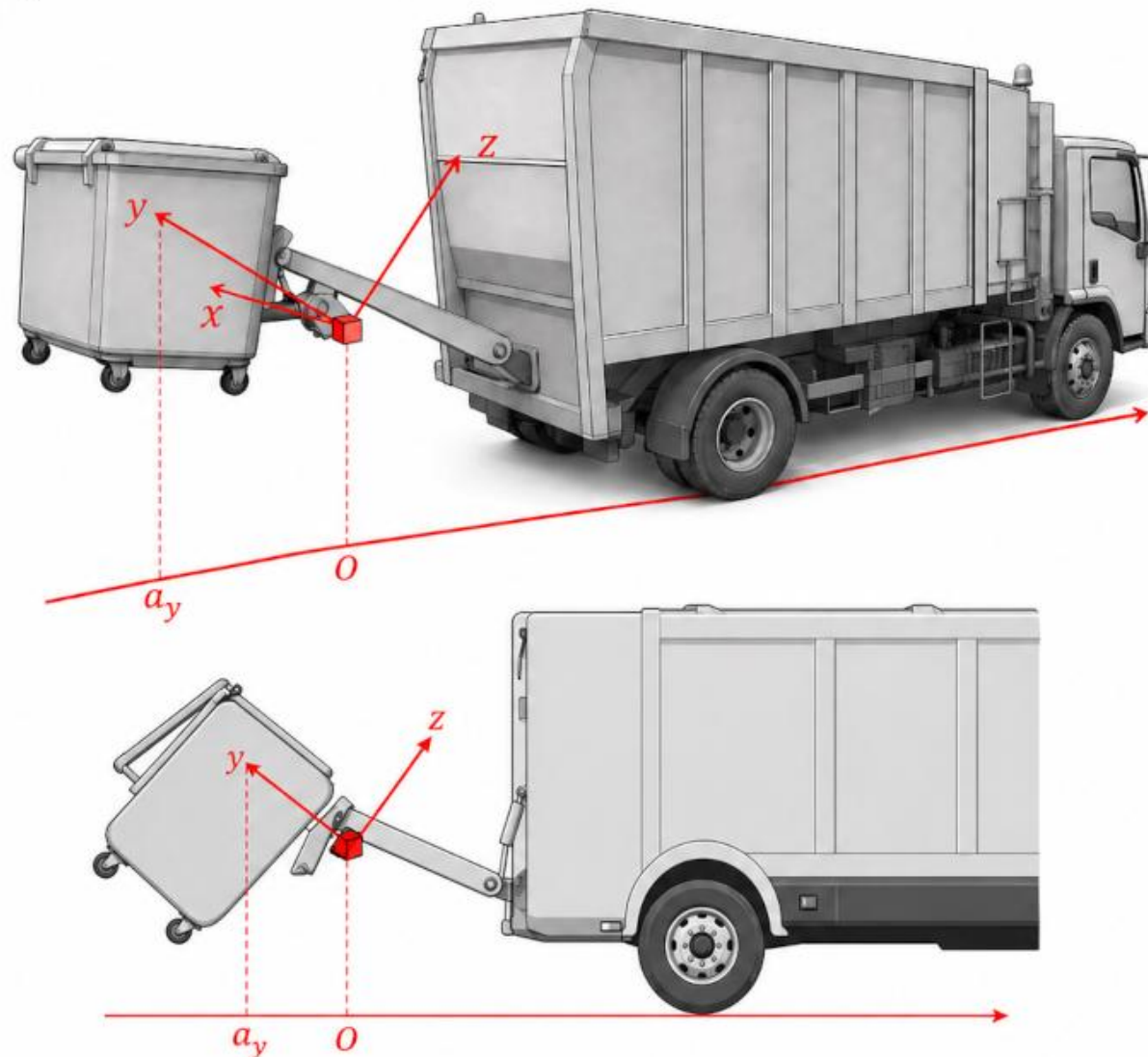
Интеликс инженеринг

Референция :

[1] D. Knežević and V. Savić,
"Mathematical Modeling of Changing of Dynamic Viscosity
, as a Function of Temperature and Pressure
, of Mineral Oils for Hydraulic Systems,"
Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering
, vol. 4, no. 1, pp. 27-34, 2006.



Координатна система на IMU сензора





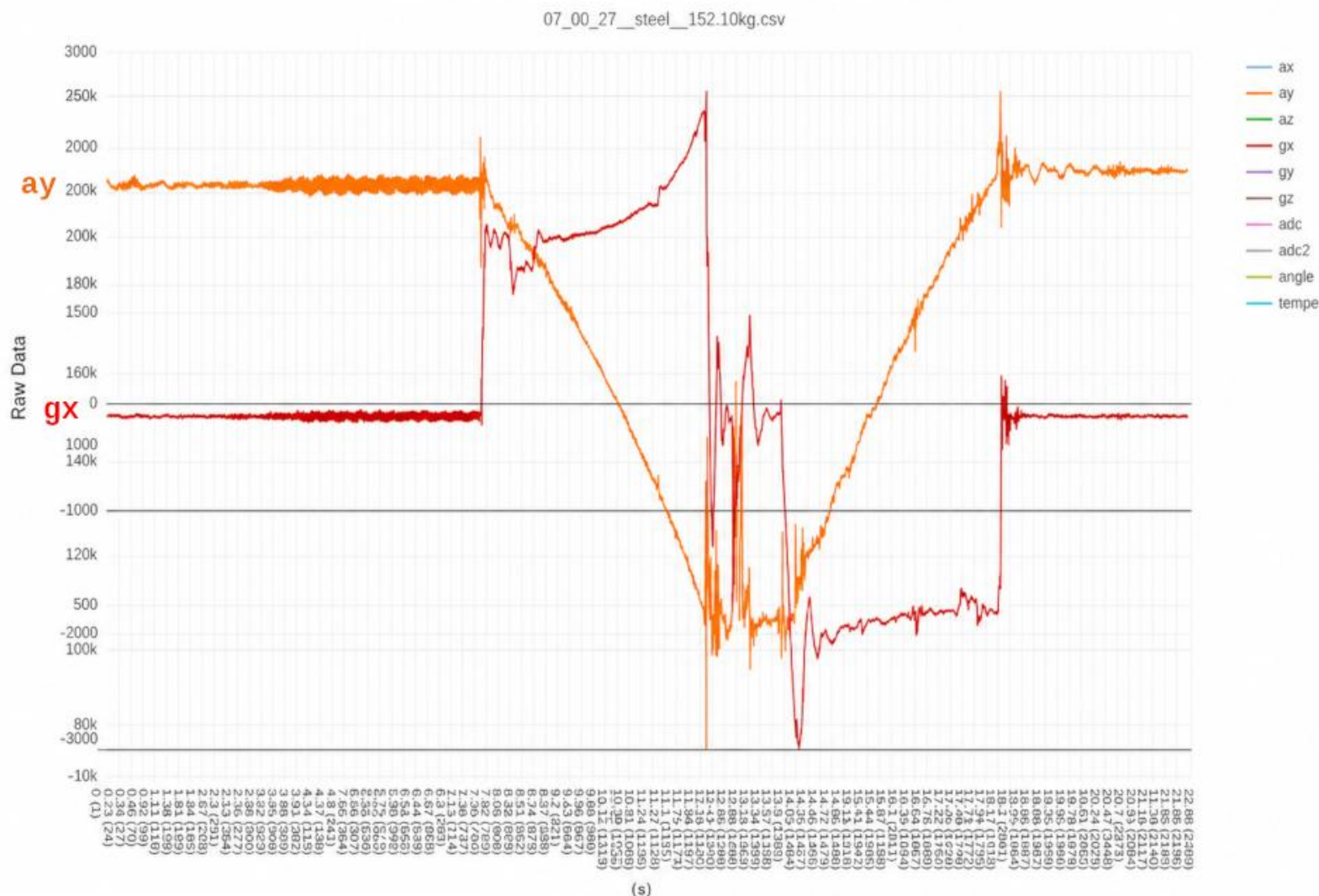
Сурови данни

Пример от съдържанието на CVS файла:

```
ах, ау, аз, гх, гу, гз, адс, адс2  
311, 15150, -5460, -110, -11, 10, 124477, 126303  
519, 15484, -6729, -154, 52, 17, 124478, 126314  
1033, 15285, -6283, -94, 15, 11, 124470, 126282  
441, 15182, -5413, -105, -9, 10, 124473, 126333  
417, 15551, -6758, -139, 42, 9, 124434, 126340  
1007, 15304, -6345, -96, 24, 17, 124479, 126319  
456, 15128, -5402, -92, -12, 7, 124449, 126297  
373, 15464, -6555, -131, 32, 17, 124449, 126255  
...
```



Графика на суровите данни





Ъгъл на ротация

Намиране на **статични интервали** – интервали от време без физична ротация

<code>max_gyro_value</code>	в случай без завъртане
<code>min_duration</code>	считан за валиден интервал
<code>damp_time</code>	достатъчно за затихване на вибрациите
<code>lag_time</code>	време за излизане на жиро сигнала от границата

Премахване на дрейфа на **жироскопа**.

Ориентиране на **ос x** за съвпадение с оста на въртене.

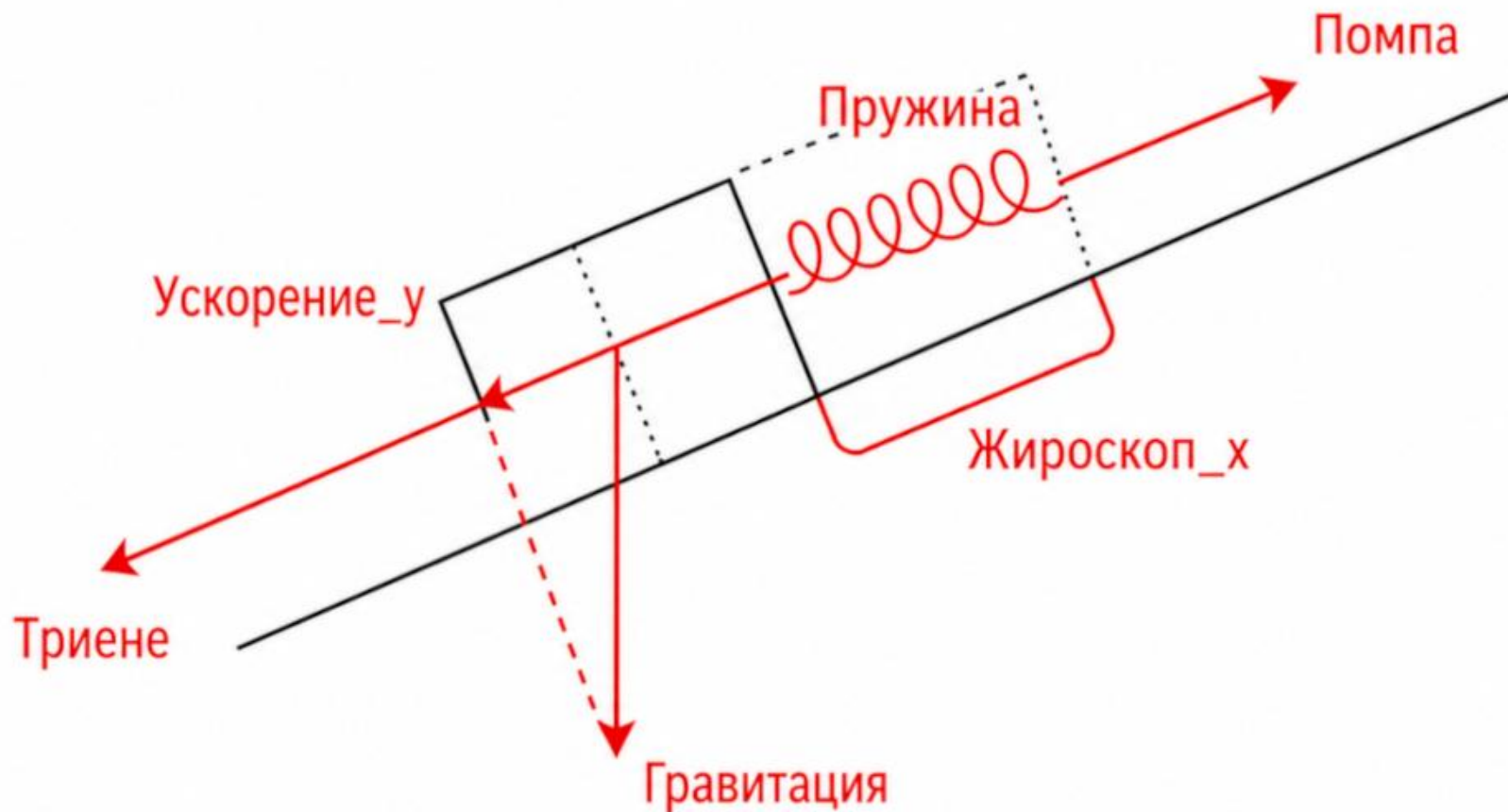
Не е константна по време на цялото движение на изхвърляне.
За избор на ос на въртене
, ръчно се избира интервал от графиката.

Изчисляване на **ъгли**, интегриране на **gyro ax** стойностите.

Сумиране на много малки числа с плаваща запетая.



Физика



Работа = Сила * Разстояние

Работа_на_помпата = Работа_на_триенето + Работа_на_гравитацията + Работа_на_вискозитета



Параметри за настройка

Valid_angles

Определени от калибрационни данни.

`min_valid_angle` най-високият контейнер е повдигнат
`max_valid_angle` боклукът не се движи значително

Orient_mov_angle

Ъгъл на завъртане около `ос x`, такъв че
посоката на движение на геометричния център
на цялата движеща се сглобка
е паралелна на `ос y`.

Smooth_time

За премахване на ефекта на вибриращата пружина.

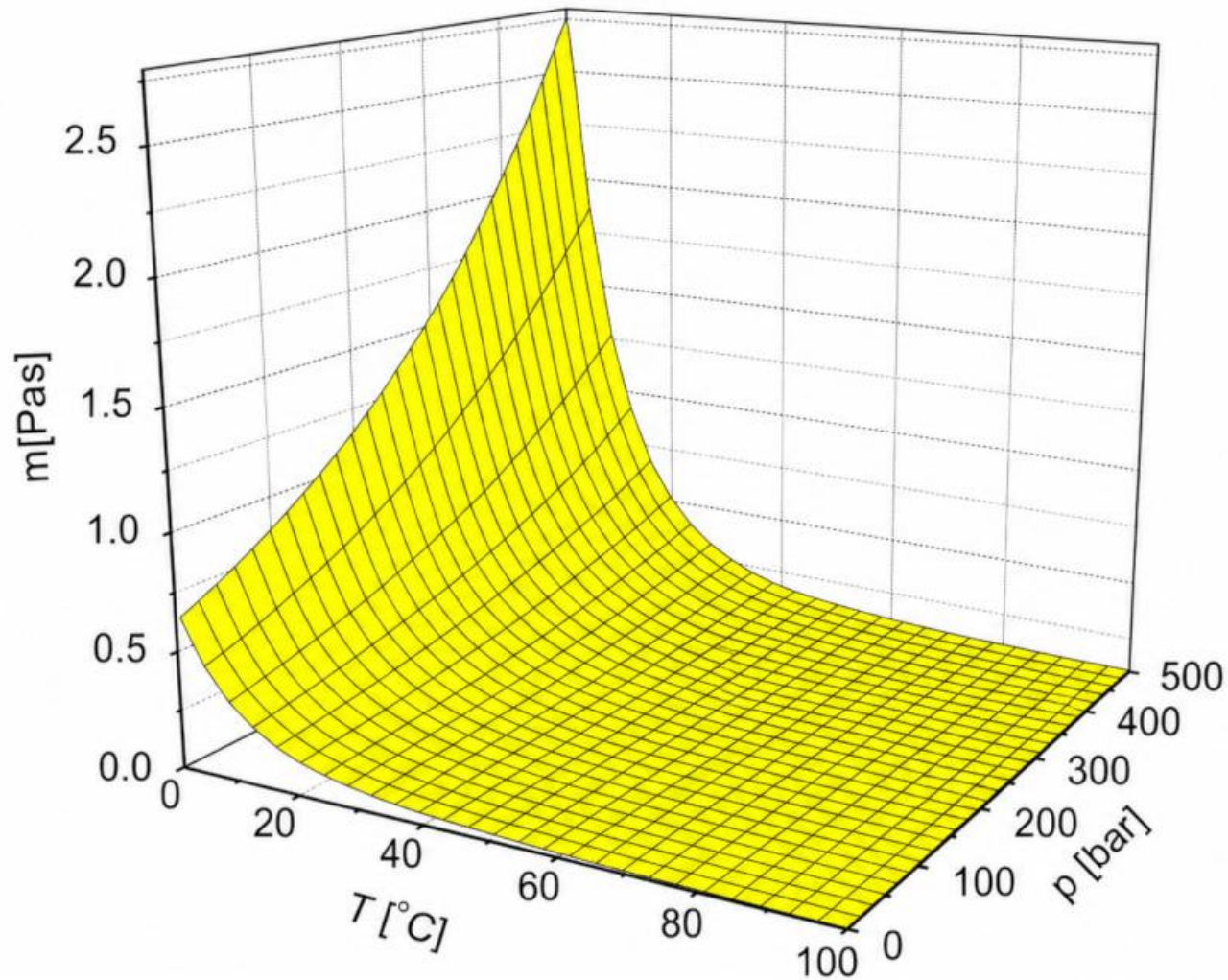


Сили

Сила_триене	≈	Движеща_се_маса
Сила_гравитация	≈	Движеща_се_маса * Ускорение_y
Сила_вискозитет	≈	exp(Налягане / Температура)
Сила_помпа	≈	Налягане
Движеща_маса	=	Маса_рамо_камион + Маса_товар
Работа	=	Сила * Разстояние
Разстояние	≈	Жироскоп_x
Работа	≈	Сила * Жироскоп_x



Вискозитет на хидравличното масло





Линейна апроксимация на вискозитета

Сила_вискозитет \approx $\exp(\text{Налягане} / \text{Температура})$

Сила_вискозитет \approx

Coeff_0 +
Coeff_1 * Налягане / Температура +
Coeff_2 * Налягане / Температура ^ 2 +
Coeff_3 * Налягане / Температура ^ 3 +
Coeff_4 * Налягане / Температура ^ 4



Физичен модел

$$\text{Работа_триене} = (F0) * g_x + (F1) * g_x * \text{Маса_товар}$$

$$\text{Работа_гравит.} = (G0) * a_y * g_x + (G1) * a_y * g_x * \text{Маса_товар}$$

$$\text{Работа_вискоз.} =$$

$$(V0) * c1 * g_x^2 + (V1) * c1 * g_x^2 / t1 + (V2) * c1 * g_x^2 / t1^2 +$$
$$(V3) * c1 * g_x^2 / t1^3 + (V4) * c1 * g_x^2 / t1^4 +$$

$$(D0) * c2 * g_x^2 + (D1) * c2 * g_x^2 / t2 + (D2) * c2 * g_x^2 / t2^2 +$$
$$(D3) * c2 * g_x^2 / t2^3 + (D4) * c2 * g_x^2 / t2^4$$

$$\text{Работа_помпа} = p1 * g_x + (P2) * p2 * g_x$$

$$g_x = \text{gyro.x} \quad a_y = \text{acceleration.y}$$
$$p1 = \text{lift_pressure} \quad p2 = \text{drop_pressure}$$
$$t1 = \text{lift_temperature} \quad t2 = \text{drop_temperature}$$

$$c1 = \exp(p1 / (334 + 3.2557 * t1))$$

$$c2 = \exp(p2 / (334 + 3.2557 * t2))$$



Коефициенти за регресионно приближение

Триене --> F0 F1
Гравитация --> G0 G1
Вискозитет --> V0 V1 V2 V3 V4 D0 D1 D2 D3 D4
Помпа --> P2

Изчислени от няколко калибрационни измервания
за всяка настройка:

- Надолу по склон камион със студено масло.
- Нагоре по склон камион със студено масло.
- Надолу по склон камион с горещо масло.
- Нагоре по склон камион с горещо масло.

Алгоритъм за обръщане на матрица.

Сравнение на числа с плаваща запетая.



Търсене с градиентно спускане за параметрите на настройка

`Orient_axis_y_to_movement_angle`

Завъртане на координатната система около ос x , така че ос y е в посоката на движение на центъра на тежестта на движещата се маса.

`Smooth_time`

Размерът на прозореца за изглаждане на суровите сигнални данни, така че ефектите от осцилацията на пружината да се изчистят.

`Mesurement_angle_begin_angle`

`Mesurement_angle_angle_length`

Ъгловият интервал, където се изчислява физическият модел. Вътре в `valid_angles`.

`Temperature_delay`

Забавяне на суровия температурен сигнал така че времето, необходимо за нагряване и охлаждане на термометъра, да се отчете.