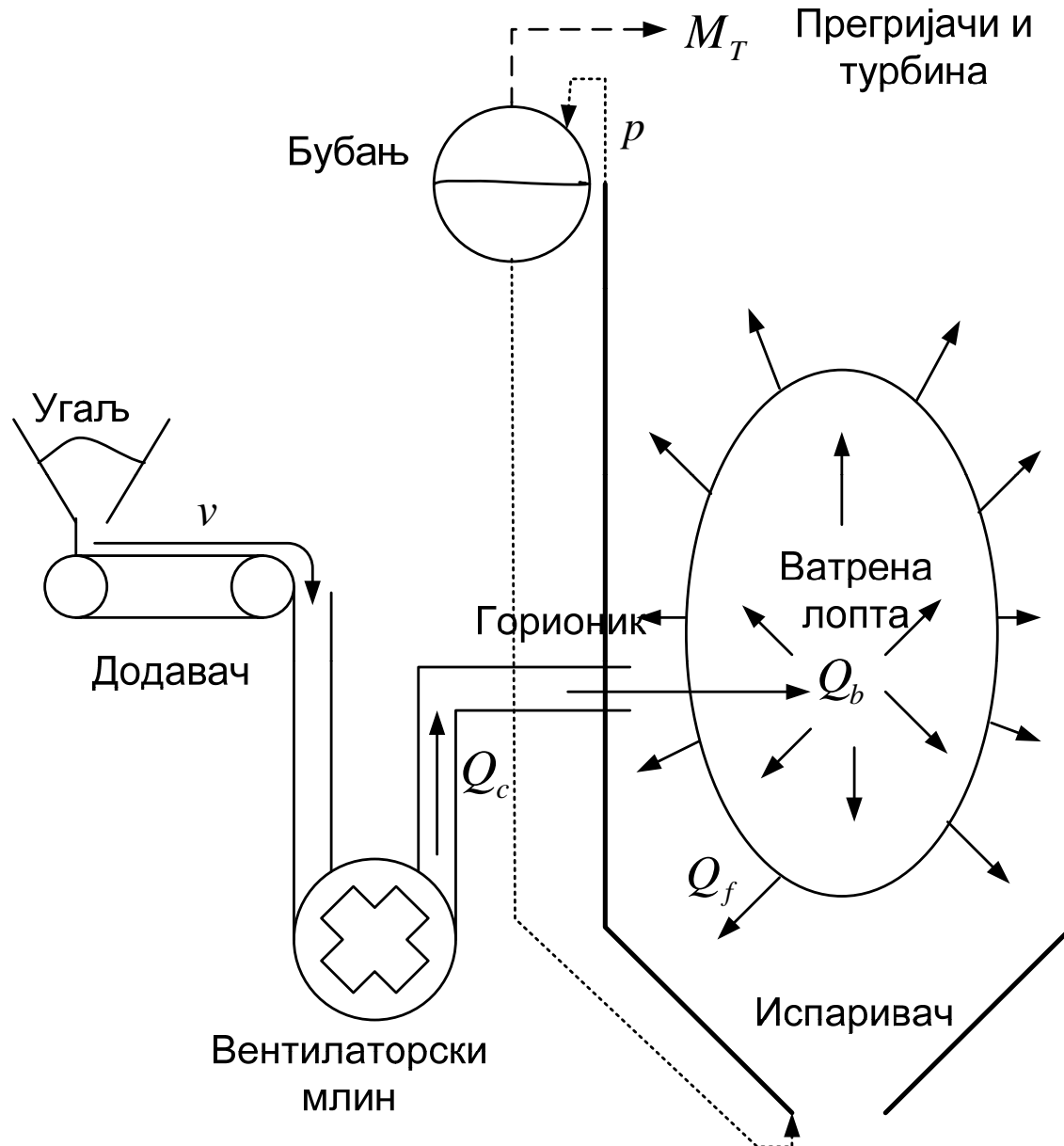


Функционални и динамички модел
притиска паре на котлу са бубњем и
експериментална верификација

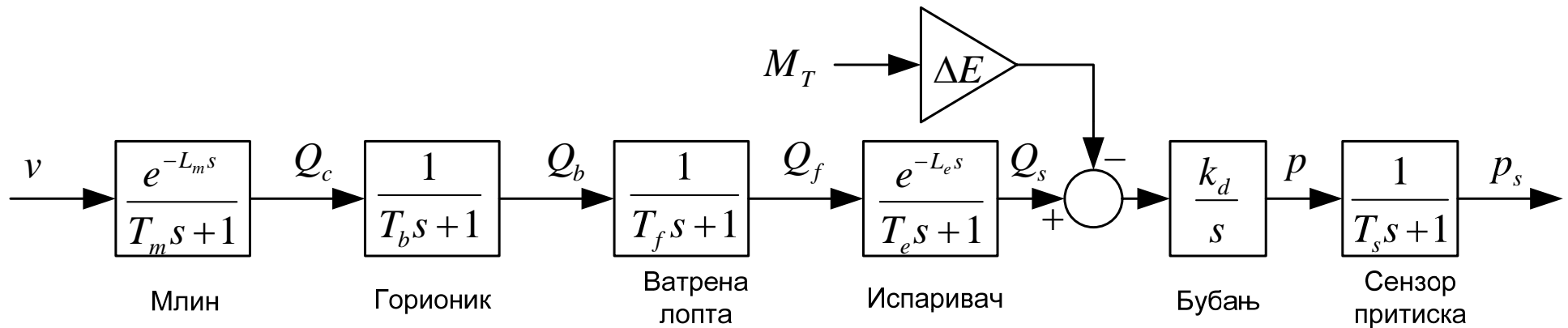
Притисак паре – најважнији параметар за регулацију котла

- Притисак и температура паре - главни фактори који одређују коефицијент корисности блока: што виши параметри, веће искориштење блока.
- Неопходан предуслов за стабилну регулацију температуре паре и напајања котла водом.
- Ограничење притиска: натпритисни вентили – огромни поремећаји напајања и нагле промене притиска.
- У случају отварања вентила: опасност од испада блока због нивоа у бубњу – штета од неколико 000 €.
- Што је регулација боља, задати притисак може бити постављен ближе граници заштите, и ефикасност блока може бити већа
- Циљ: добијање линеарног динамичког модела за пројектовање регулатора и анализу перформанси регулације

Опис котла са бубњем



Еквивалентна блок шема динамике котла

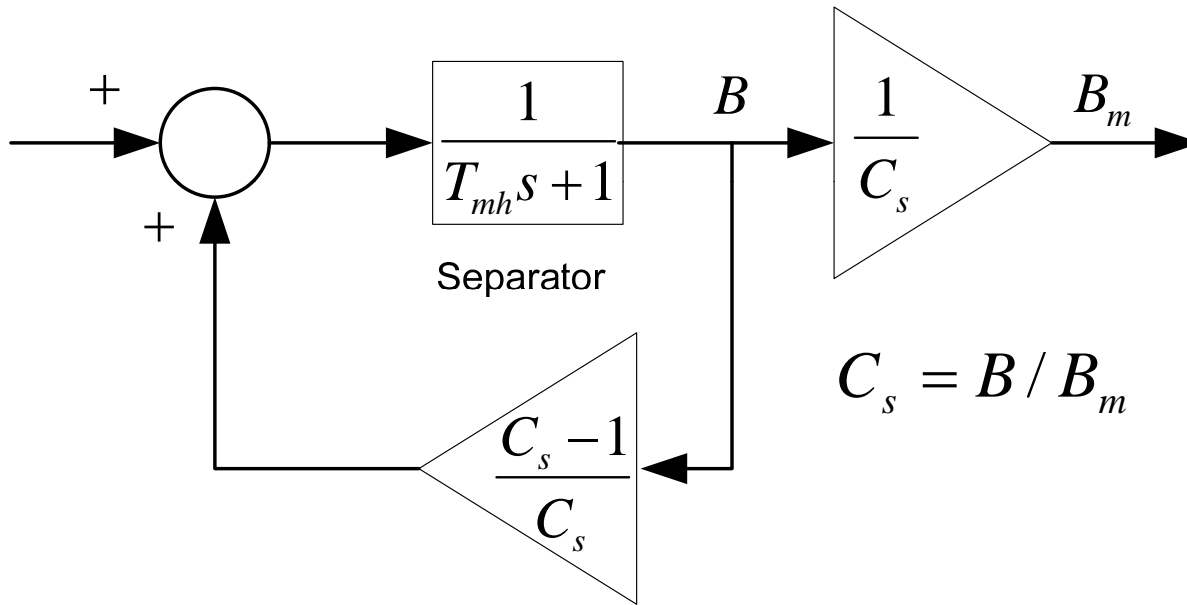


- Параметри брзина додавача (v), еквивалентни енергетски садржај угљене прашине из млина (Q_c) и термичка снага на горионику (Q_b) нормализовани су према снази коју емитује ватрена лопта (Q_f).

Вентилаторски млин

Транспортно кашњење: $L_m = \sqrt{\frac{2h}{g}} + L_{m1}, \quad L_{m1} \approx 0.5s$

Временска константа млина:



$$C_s \approx 2$$

$$T_{mh} = 0.5 \div 1s$$

$$T_m = C_s T_{mh} = 1 \div 2s$$

$$C_s = B / B_m$$

Горионик и ватрена лопта

Динамика горионика: занемарива у односу на остале компоненте.

Динамика ватрене лопте [Profos]: $T_f = \frac{c_{pf} m_f}{K_f + c_{pf} M_{fg}}$,

$$\Delta Q_f = K_f \Delta \mathcal{Q}_f,$$

Пренос енергије зрачењем (занемарена конвекција)

$$K_f = 4 \frac{M_{snom} \Delta E_{enom}}{\mathcal{Q}_{fnom}},$$

Пренос енергије кроз цијев испаривача

$$\rho_w c_{pw} \frac{d\theta_w}{dt} - \lambda_w \nabla^2 \theta_w = 0,$$

Рјешавамо само по једној просторној координати x .

Гранични услови

$$\begin{aligned} \text{Споља} \quad \lambda_w \frac{\partial \theta_w(x,t)}{\partial x} \Big|_{x=0} &= \frac{Q_f(t)}{S_w} & \Rightarrow Q_s(s) = \lambda_w \frac{\partial \theta_w(x,s)}{\partial x} \Big|_{x=D} = \\ \text{Унутра} \quad \theta_w(x,t) \Big|_{x=D} &= \theta_{ls}, & = \frac{Q_f(s)}{\cosh \sqrt{\tau s}}, \tau = \frac{\rho_w c_{pw}}{\lambda_w} D^2. \end{aligned}$$

Апроксимација: први ред са кашњењем

$$G_{sf}(s) = \frac{e^{-L_e s}}{T_e s + 1}, L_e = 0.095\tau, T_e = 0.405\tau.$$

Притисак у бубњу

$$\theta_{drum} \approx \theta_{ls} \approx \theta_w$$

$$Q_s = (m_w c_{pw} + m_l c_{pl}) \frac{d\theta_{ls}(p)}{dt} + M_s \Delta E(p),$$

$$\frac{dp}{dt} = k_1 (M_s - M_T),$$

$$\left[(m_w c_{pw} + m_l c_{pl}) \frac{\partial \theta_{ls}(p)}{\partial p} + \frac{\Delta E(p)}{k_1(p)} \right] \frac{dp}{dt} = Q_s - M_T \Delta E(p),$$

$$k_d = \frac{1}{(m_w c_{pw} + m_l c_{pl}) \frac{\partial \theta_{ls}(p)}{\partial p} + \frac{\Delta E(p)}{k_1(p)}}$$

Примјер: ТЕНТ А2

Млин: $L_m \approx 2.5s$ $T_m \approx 1s$

Ложиште: $8000m^3 \Rightarrow 2400kg$ дивног гаса на $\vartheta_{fnom} \approx 1270K$

$c_{pf} = 1.3kJ / kg / K$ $M_f \approx 330 \div 340kg / s$ $M_{snom} = 180kg / s$

$\Delta E_{enom} \approx 1MJ / kg \Rightarrow T_f = 3.1s$

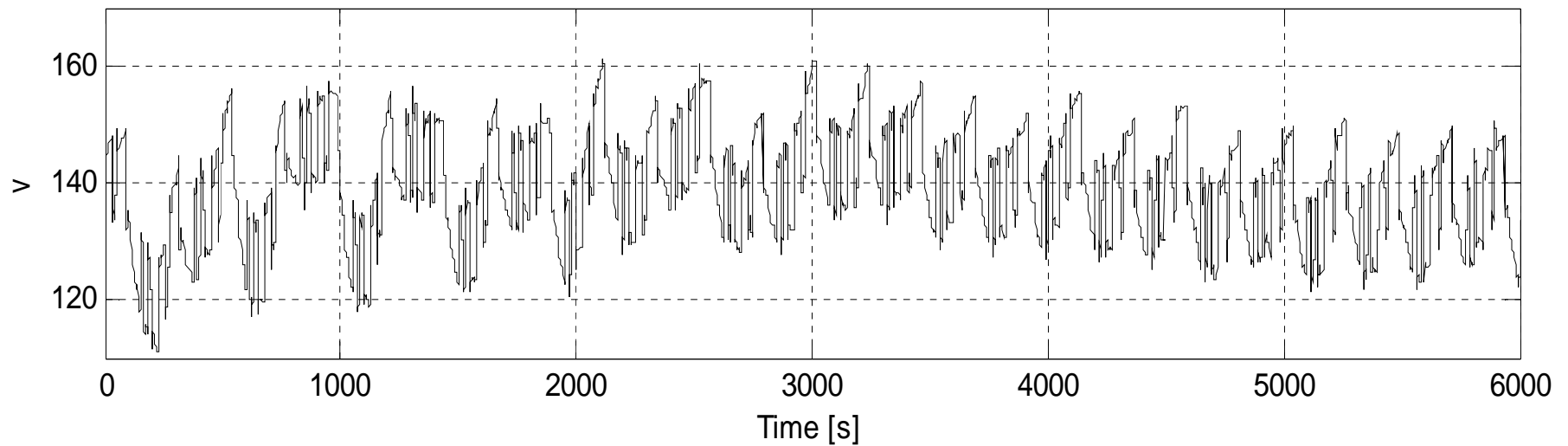
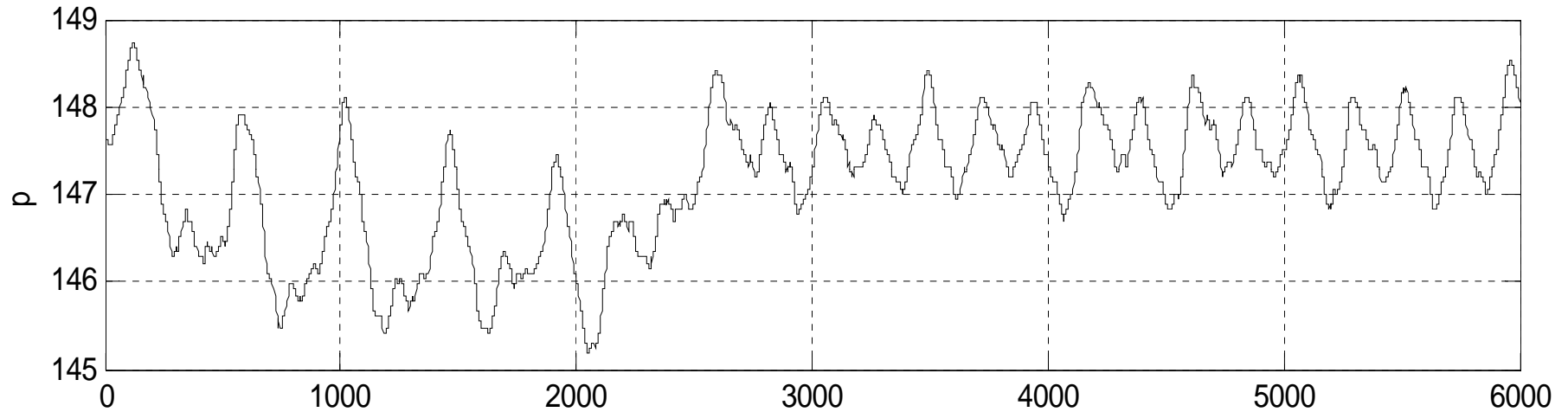
Испаривачке цијеве: $D = 5mm$ $\rho = 7850kg / m^3$ $c_{pw} = 460J / kg / K$

$\lambda \approx 20W / m / K \Rightarrow \tau = 4.5s$ $L_e = 0.43s$ $T_e = 1.82s$

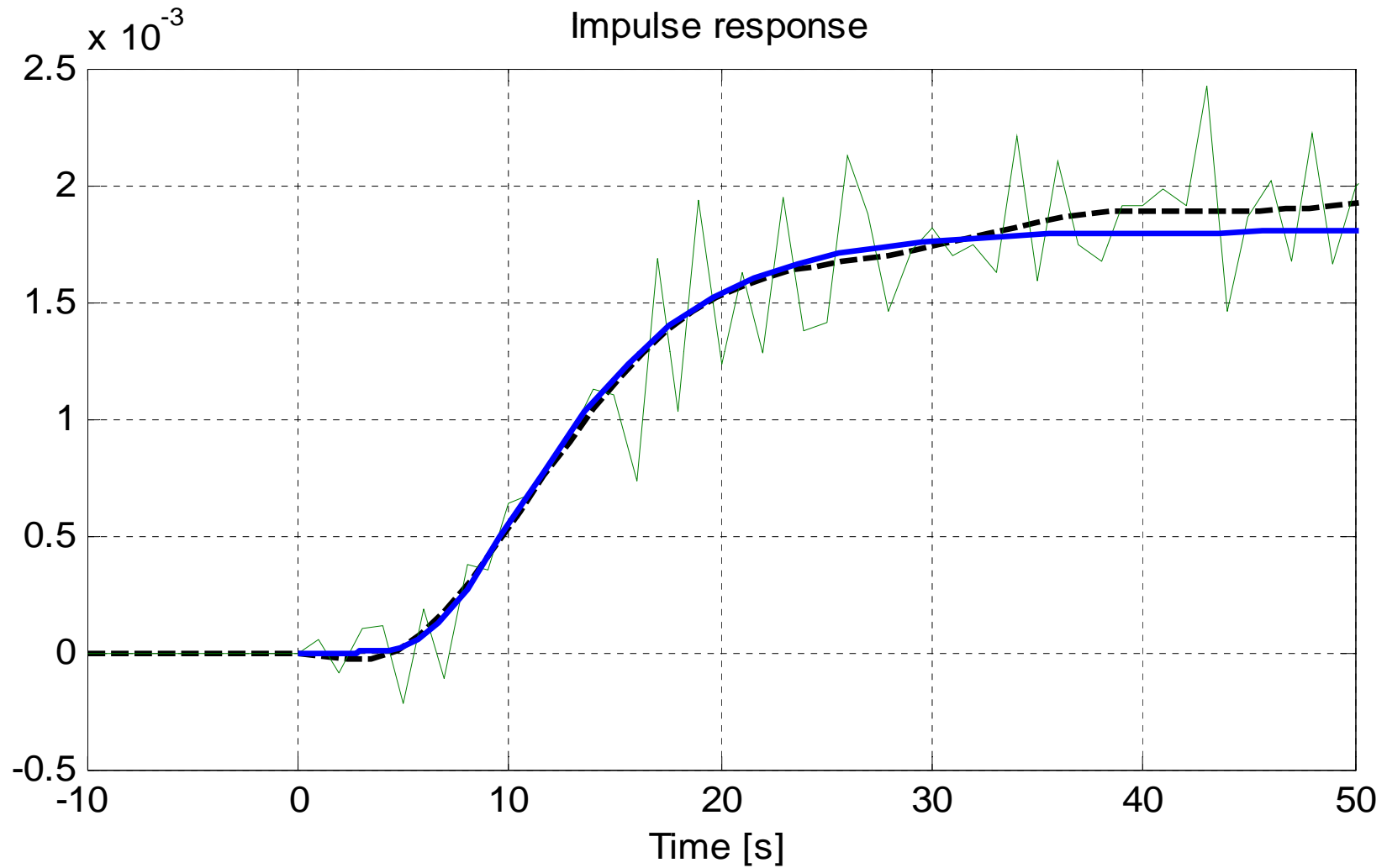
Сензор: $T_s = 5s$

Снимање динамике притиска у бубњу А2

Identification signals



Поређење импулсних одзива



Блок А2 у раду

