

# Bagr ovládaný injekčními stříkačkami

---

Vypracovali: Adam Janich, Karolína Bílková, Natálie Dolanová

Vedoucí projektu: Mgr. Roman Cach

## Úvod

Cílem tohoto projektu bylo postavit funkční model bagru, jeřábu, či jiného stavebního stroje ovládaného hydraulicky. Písty ovládající jednotlivé pohyblivé části stroje by měli představovat injekční stříkačky spojené hadičkami.

Záměrně jsme si vybrali konstrukční projekt, neboť jsme chtěli realizovat něco hmatatelného. Hydraulické ovládání patří v současnosti do jedněch nejdůležitějších mechanismů využívaných v konstruktérství. Chtěli jsme zjistit, zda za pomoci běžného materiálu a nářadí budeme schopni sestavit funkční hydraulické zařízení, a zda jsme schopni modifikovat injekční stříkačky, aby fungovaly jako písty, přestože k tomu nejsou primárně určeny.

K dispozici jsme dostali několik injekčních stříkaček různých objemů: 6 ml, 12 ml a 24 ml. Dále jsme obdrželi dva typy hadiček. Zelená tenčí hadička měla v průměru 4 mm a v průsvitu 3 mm. Tlustší průhledná 6 mm a 4 mm. Zelenou hadičku bylo možno snáze ohýbat, na druhou stranu to způsobovalo větší nebezpečí deformace a zaškrbení.

## Pracovní postup

Ze všeho nejdříve jsme se rozhodli ověřit, jestli dvě injekční stříkačky spojené hadičkou jsou schopné přenášet pohyb pístu oběma směry. Při stlačování pístu stříkačky šlo o jednoznačný úspěch. Naopak při vytahování pístu ze stříkačky jsme si povšimli lehkého zpoždění reakce druhé stříkačky. Příčina zpoždění spočívala ve splácnutí hadičky v důsledku podtlaku v ní a následném zpomalení proudění. Tomuto problému jsme zatím nepřikládali velkou důležitost.

Přistoupili jsme k hrubému plánování celého projektu. Rozhodli jsme se, že na dřevěnou desku umístíme pohyblivé rameno a kvádr ze zatím blíže neurčeného materiálu. Ten bude představovat kabinu pro řidiče a zároveň bude plnit funkci protizávaží, aby se bagr nepřevrátil směrem k rameni. Zde by se také měli nacházet ovládací injekce. S plánováním i realizací jsme začali u pohyblivého ramene, neboť jde o stěžejní část celého projektu a jeho realizace zabere bezpochyby nejvíce času. Nejprve jsme přemýšleli, jaké stupně volnosti bychom měli zvolit. Přiklonili jsme se k následujícím čtyřem:

- 1) Otáčení celého ramene kolem svislé osy
- 2) Otáčení celého ramene kolem vodorovné osy
- 3) Změna úhlu mezi dvěma částmi ramene
- 4) Otáčení radlice na konci ramene podle vodorovné osy

Každý z těchto stupňů volnosti by měl být ovládán jednou stříkačkou. Každá z těchto stříkaček poté bude spojena hadičkou s jednou ovládací stříkačkou.

### Konstrukce ramene

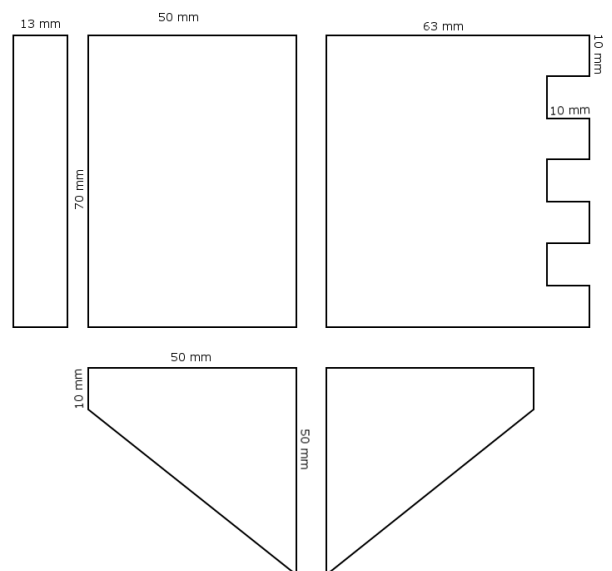
Následně jsme se rozhodovali o materiálu a rozměrech ramene. Prohlédli jsme si materiál, který máme k dispozici v dílně. Narazili jsme na dřevěná dvě prkénka o rozměrech 20 cm x 3 cm x 1,5 cm a 25 cm x 3 cm x 1,5 cm. Tyto rozměry se nám zdáli ideální pro dvě části ramene a rozhodli jsme se je použít. K sobě jsme je připevnili pomocí kovového pantu.

Nyní se přímo nabízelo vyřešit hydraulické ovládání kloubu mezi nimi, tedy stupně volnosti 3). Předpokládali jsme, že druhá část ramene se bude dolu pohybovat sama gravitací. V pístu stříkačky o objemu 12 ml jsme vytvořili malý otvor. Za něj jsme přivázali provázek. Stříkačku jsme připevnili na vrchní část prvního prkénka pomocí lepicí pásky. Do druhého prkénka asi 2 cm od kloubu jsme zašroubovali očko a do prvního prkénka jsme těsně k okraji zatloukli hřebíček. Provázek jsme vedli očkem a přivázali k hřebíčku, čímž jsme vytvořili jakousi kladku. Tento mechanismus se později ukázal jako problémový, ne-li nefunkční a proto byl později nahrazen jiným mechanismem, viz dále.



### Konstrukce radlice

Nyní jsme přešli k výrobě radlice. Rozhodli jsme se ji vytvořit hranatou, neboť jsme neměli prostředky na vytvoření běžného tvaru radlice. Jako materiál jsme zvolili sololit o tloušťce 3 mm. Radlice je složena ze čtyř částí (viz obr.). Jednotlivé části jsme slepili pomocí vteřinového lepidla. Na kloub mezi radlicí a koncem ramene byl použit stejný pant jako na spojení dvou částí ramene. K ovládání tohoto kloubu (stupně volnosti 4)) jsme tentokrát použili stříkačku přilepenou zespoda. Připevnili jsme ji opět lepicí páskou. Ve vnitřní části radlice bylo na trčící konce šroubů možno nasadit další pant. Aby bod dotyku tohoto pantu s konci šroubů neležel příliš blízko ose otáčení, nabodli jsme nejprve na šrouby tři obdélníčky z kartonu o rozměrech pantu a poté i samotný pant. Druhý konec pantu bylo v tuto chvíli třeba upevnit na konec pístu stříkačky. Vyřešili jsme to následujícím způsobem: jeden ze čtyř paprsků spojujících protilehlé konce pístu jsme v kolmém směru nařízli cca 5 mm od konce pístu určeného k uchopení. Do tohoto řezu jsme vsunuli jeden ze dvou plíšků tvořících již zmíněný pant. Ten jsme upevnili k pístu pomocí tenkého kovového drátku. Drátek jsme protáhli otvory v pantu původně určenými k přichycení pantu



šroubky. Oba konce drátku jsme pak zakroutili pomocí kleští a přebytek uštípli. Píst tak mohl tlačít na pant oběma směry.

Poté, co jsme připojili hadičky s ovládacími stříkačkami, nastaly první problémy. Druhá část ramene se ochotně pohybovala dolů, neboť k tlaku vody ve stříkačce se připojila gravitace. Atmosférický tlak však nedokázal překonat gravitaci v pohybu nahoru. Pokoušeli jsme se gravitační sílu vyvážit silou gumiček, které jsme natáhli mezi koncem pístu a druhým koncem stříkačky. Po nalezení takového počtu gumiček, které by byly schopny tohoto dosáhnout, se ukázalo jako neuvěřitelně obtížné naopak tlačít proti nim, aby se rameno pohnulo dolů. Navíc se v důsledku obrovských tlaků uvolňovala hadička ze stříkačky. Možnost upevnění seshora jsme tím zavrhlí.

Konečně jsme se vydali správným směrem. Rozhodli jsme se upevnit stříkačku zespoda, aby tvořila s částmi ramene trojúhelník. K upevnění konce pístu byla použita výše zmíněná metoda nařezání, vsunutí pantu a zpevnění drátkem. Samotný válec stříkačky však nebylo možno upevnit přímo k prkénku. Proto jsme ze sololitu vyřezali obdélník o rozměrech 3 cm x 10 cm. Stříkačku jsme upevnili k němu a samotný obdélník poté šel připevnit pantem k prkénku. Nejprve jsme upevnili stříkačku k obdélníku lepicí páskou. Později jsme lepicí pásku nahradili důmyslnější metodou. Do obdélníku jsme zašroubovali očko a ústí stříkačky protáhli jím. Proti pohybu v opačném směru jsme pak zajistili stříkačku dvěma skobami ve tvaru L. Tato metoda se ukázala jako účinná, šetrná ke stříkačce a navíc bylo možno stříkačku snadno vyměnit prostým otočením skob. Proto jsme na upevnění stříkaček od této chvíle používali tuto metodu a aplikovali jsme ji i na uchycení stříkačky ovládající radlici. Pod očko a skoby však bylo nutné přidat dřevěné kvádříky. Bez tohoto opatření by ústí stříkačky leželo moc blízko napojení pístu ovládajícího stupeň volnosti 3). To by způsobovalo skřípnutí hadičky.

Problém s vracením se pístu stříkačky zpět byl vyřešen jen z části. Píst se sice většinou vracel, ale velice pomalu. Když jsme skontrovali, jak se pohybuje ve stříkačce nasucho, všimli jsme si, že se mnohem více zadržává než před integrací do bagru a je potřeba vynaložit větší sílu. Bylo třeba trochu zmenšit průměr pístu. Ne však příliš, aby voda nepronikala kolem. Písty jsme obrousili jemným smirkovým papírem. To se ukázalo jako dostačující, a proto jsme takto obrousili i píst každé další použité stříkačky.

Původní tenké a dobře ohebné hadičky jsme nahradili tlustšími tužšími. Kousky původní hadičky jsme použili v místě napojení hadičky na stříkačku jako těsnění.



Pustili jsme se do ovládání stupně volnosti 2). Použili jsme mechanismus totožný s ovládáním stupně volnosti 3). Rameno bagru jsme připevnili k vodorovnému prkénku. Obdélník, k němuž je připojena stříkačka, jsme upevnili pantem na konec vodorovného prkénka. Zhruba doprostřed zmíněného prkénka jsme přibíli hřebíky ještě dvě další krátká prkénka o celkové výšce 3 cm. Na toto podložení byl opět pomocí pantu připojen konec ramene. Důvodem podložení bylo, že se radlice nacházela moc vysoko nad zemí.

## Upevnění na základní desku a ovládání

Celý tento mechanismus bylo třeba upevnit na desku, na které by se mohl otáčet kolem svislé osy a na které by se nacházeli ovládací stříkačky. Zvolili jsme dřevěnou desku o rozměrech 25 cm x 36 cm. Do prkénka i desky jsme vyvrtali díru a spojili je k sobě šroubem. Dole byl šroub upevněn matkou, a tak bylo nutné připevnit desce v rozích nožičky, aby se neviklala. Šlo o dřevěné destičky vysoké 1,5 cm, z nichž každá byla přitlučena čtyřmi hřebíky. Původně jsme plánovali přidat na tuto základní desku zátěž v podobě krabice. Nicméně se ukázalo, že se deska nepřevrací a chová se naopak velice stabilně. Proto jsme upustili od konstrukce tohoto protizávaží.

Poslední stupeň volnosti ovládají dvě stříkačky, každá z jedné strany. Každá z nich je na desku upevněna čtyřmi skobami tak, aby jejich písty tlačili ze stran do vodorovného prkénka a mohl s ním otáčet. Zvolili jsme stříkačky o velikostech 24 ml.

V tuto chvíli už zbývalo pouze upevnit ovládací stříkačky a spojit vše hadičkami. Použili jsme výše zmíněný způsob pomocí šroubovacího oka. Místo skob však byly použity hřebíky. Jediným důvodem byl nedostatek těchto skob. K ovládání stupně volnosti 1) jsme použili stříkačky o objemu 24 ml, k 2) a 3) 12 ml a konečně k 4) 6 ml. U radlice je totiž umístěn píst velmi blízko ose otáčení, a proto je třeba přenést menší dráhu, ale větší sílu.

## Závěr

Dokázali jsme, že je možné i s omezenými prostředky sestavit funkční zařízení ovládané hydraulicky za použití injekčních stříkaček. Přestože se někdy stříkačky pohybují pomaleji, než jsme předpokládali a bagr neunesl příliš velkou zátěž, považujeme projekt za úspěch.

Závěrem bychom chtěli poděkovat našemu vedoucímu projektu, Romanu Cachovi za odbornou pomoc při práci.

