

MONITORING STAVEB – SLEDOVÁNÍ NASAZENÍ ZVEDACÍCH PROSTŘEDKŮ

MONITORING OF BUILDINGS – MONITORING LIFTING MECHANISMS

Ing. Jiří Šťastný, doc. Ing. Vít Motyčka, CSc., Ing. Rostislav Doubek, Ing. Michal Brandtner, Ing. Lukáš Bříza

ABSTRAKT

Při realizaci pozemních staveb jsou ve velké míře využívány zvedací prostředky. Při jejich efektivním a správném využití lze lépe dodržet časový plán stavby, a tedy i termín plánovaného ukončení výstavby. Často dochází k neefektivnímu využívání zvedacích prostředků a vznikají tak prostoje nebo naopak zvedací prostředky nestíhají pokrýt požadované množství procesů. Zabýváme se sběrem dat (časového vytížení zvedacích prostředků), které umožní posoudit využití zvedacích mechanismů v průběhu celé výstavby. Vyhodnocení naměřených dat bude podkladem pro simulační model, který umožní časovou vytíženost věžových jeřábů lépe posoudit.

Klíčová slova: Monitoring, stavba, proces, časosběr, cyklus, jeřáb, věžový jeřáb

ABSTRACT

The lifting means are very important during construction process. The efficient use of lifting means can lead to the completion of the construction schedule. The lifting means is used inefficiently, which leads to downtime or the lifting means do not cover the required number of processes. The article deals with the collection of data from the use of lifting means during the entire construction. Measured data will be the basis of a simulation model that will allow to assess the time load of tower cranes.

Key words: Monitoring, construction, process, timing, cycle, crane, tower crane

1 ÚVOD

Zvedací prostředky, mezi které patří věžové jeřáby a automobilové jeřáby, patří k rozhodujícím mechanismům při realizaci objektů v pozemním stavitelství. Jejich volba a způsob využití má podstatný vliv na průběh celé stavby, především na finanční náklady na výstavbu. Přesto je této skutečnosti mezi zhotoviteli a investory věnováno malé pozornosti. Často se stává, že jeřáby jsou na stavbě časově nevytížené nebo naopak nejsou schopny zásobovat v plánovaném tempu výstavby. To může vést k nežádoucím prostojům, zpomalování výstavby a neplnění smluvních podmínek včetně vážných ekonomických důsledků [1].

Z toho důvodu se na Ústavu technologie, mechanizace a řízení staveb na Fakultě stavební v Brně dlouhodoběji zabýváme možností posouzení časového vytížení věžových jeřábů při realizaci objektů pozemního stavitelství.

Sledování časového nasazení zvedacích prostředků na konkrétních stavbách bude sloužit pro získání vstupních dat, které nám pomohou vytvořit simulační model na posouzení vytíženosti věžových jeřábů na stavbách pozemních objektů, tj. zda sekundární doprava věžovými jeřáby odpovídá požadavkům na přepravu materiálu dle časového plánu probíhajících dílčích stavebních procesů.

Získání těchto vstupních dat je poměrně pracné a časově náročné. Od roku 1995 se nikdo v České republice systematicky nezabývá zpracováním výkonových norem dílčích stavebních procesů (DSP) a strojohodin. Proto jsme se rozhodli pro využití metody časosběrného snímkování stavebních procesů, která nám pomůže získat podklady pro vytvoření simulačního modelu, který by posoudil vytíženost zvedacích mechanismů.

Časosběr nebo časosběrná fotografie, patří do skupiny tvůrčích postupů, které umožňují zaznamenávat události tak, že snímková frekvence záznamu je mnohem nižší než snímková frekvence při přehrávání. Jedná se o záběry pořízené v (relativně) dlouhých časových intervalech a jejich zobrazení ve zrychleném tempu. Jinak řečeno – záznam se provádí frekvencí například jeden snímek za minutu, ale poté se přehrává 25 snímků za sekundu. Tímto postupem je možné zaznamenat i poměrně dlouhé časové úseky (běžně v řádu hodin, dnů, týdnů i měsíců) a přehrát je během několika desítek sekund a v principu tím zobrazení časových událostí zrychlíme.

2 SHROMAŽĎOVÁNÍ VSTUPNÍCH DAT

Posouzení efektivnosti nasazení jeřábů je podstatné, a i nejobtížnější při výstavbě železobetonových monolitických konstrukcí, proto dílčí stavební procesy (DSP), které jsme zvolili pro sledování časového vytížení zvedacích prostředků, jsou:

- bednění svislých nosných železobetonových konstrukcí (sloupy, stěny);
- bednění vodorovných nosných železobetonových konstrukcí (stropy);
- vyztužování svislých a vodorovných nosných konstrukcí;
- betonáž svislých a vodorovných nosných konstrukcí;
- odbednění svislých a vodorovných nosných konstrukcí;
- zdění.

Tyto dílčí stavební procesy jsme zvolily z toho důvodu, že zhotovení těchto DSP vyžaduje ve velké míře nasazení zvedacích prostředků a jejich správná volba a časové využití může zajistit plynulý průběh celé stavby nebo naopak prodlužování termínů a nárůstu finančních nákladů na stavbu.

2.1 Charakteristika sledovaných staveb

Sledování časového nasazení zvedacích prostředků a sběr dat probíhá v současné době na třech různých stavbách. Jedná se o administrativní budovu a bytové domy v Brně.

2.1.1 *Administrativní budova s nájemními prostory*

Stavba je součástí souboru staveb jižní městské části města Brna. Širší okolí tvoří hustě obydlené městské části. Soubor nových objektů vytváří polozavřený blok s vnitřním náměstím.

Stavba má jeden suterén a osm nadzemních podlaží. V suterénu a 1. NP jsou garáže, skladovací místnosti a technické zázemí elektroinstalací. Druhé nadzemní podlaží slouží jako hlavní vstup do budovy se vstupní-reprezentačními prostory. Ve 3. až 7.NP jsou prostory určené jako nájemní prostory. Ustupující 8.NP je určeno jako technické podlaží pro TZB (kotelny, strojovny atd.).



Obr. 1 Hrubá stavba sledované administrativní budovy

Objekt je založen na vrtaných pilotách a základové desce. Pod deskou je provedena podkladní deska. Základová deska tvoří dno bílé vany. Nosná konstrukce spodní stavby je kombinace vnitřních monolitických železobetonových sloupů, vnitřních a obvodových stěn. V těchto podlažích jsou vnitřní stěny ve schodišťových jádrech a výtahových šachtách. Konstrukce horní stavby je kombinace vnitřních železobetonových monolitických sloupů a stěn. Vnitřní sloupy v suterénu a 1.NP mají obdélníkový průřez. Ve 2.NP-7.NP jsou sloupy kruhového průřezu. Vnitřní nosné stěny jsou opět sdružené do výtahových šachet a schodišťových jader. Vodorovné nosné konstrukce stavby – železobetonové monolitické stropní desky jsou navrženy pro všechna podlaží, s hlavicemi v místě sloupů a v místech sdružených jader. Schodiště jsou umístěna ve schodišťových monolitických jádrech a jsou provedena z monolitických podest s prefabrikovanými rameny. Sledovaným úsekem byly svislé nosné konstrukce 6. NP i 7.NP a strop 7.NP.

Použitá zdvihací mechanizace byly stacionární věžové jeřáby Liebherr 81 K.1 a 71 K.

Bednění od výrobce DOKA s použitými prvky: systémové komponenty – stropní podpěry, dřevěné bednicí nosníky H20; stěnové bednění – FramaxXlife, sloupové bednění KS Xlife a RS; stropní bednění – Dokaflex.

2.1.2 *Bytové domy s prodejními byty a nájemními prostory*

Sledované bytové domy jsou součástí uliční zástavby dvou severních městských částí města Brna. Širší okolí tvoří hustě obydlené městské části.

Stavby jsou podsklepeny a mají 4 nadzemních podlaží. Suterény slouží pro parkovací stání, skladovací místnosti a technické zázemí. Nadzemní podlaží jsou pak pro nájemní prostory a bytové jednotky.



Obr. 2 Hrubá stavba sledovaného bytového domu

Objekty jsou založeny na vrtaných pilotách. Nosná konstrukce staveb je kombinace vnitřních monolitických železobetonových sloupů, vnějších a vnitřních stěn. Vodorovné nosné konstrukce –

železobetonové monolitické stropní desky jsou navrženy pro všechna podlaží. Sledovaným úsekem byly vodorovné nosné konstrukce 4.NP.

Použité zdvihací mechanizace byly stacionární věžové jeřáby MB 2043 a Liebherr 65 K.1

Bednění od výrobce DOKA s použitými prvky: systémové komponenty – stropní podpěry, dřevěné bednicí nosníky H20; stěnové bednění – FramaxXlife, sloupové bednění KS Xlife; stropní bednění – Dokaflex.

2.2 Ukládání a třídění dat do databáze

Na výše zmíněných stavbách probíhá sledování nasazení zvedacích prostředků pro jednotlivé dílčí stavební procesy (DSP). Data jsou získávána pomocí časosběrného snímkování, která zachycuje jednotlivé činnosti věžového jeřábu. Naměřená data jsou zapisována do formuláře – Formulář sledování práce jeřábu (obr. 3). Formulář je rozdělen na dopolední a odpolední měření. Ve formuláři jsou zachyceny veškeré řešené DSP, tj. bednění stěn, bednění sloupů, bednění stropů, vyztužování, betonáž, odbednění stěn, odbednění sloupů, odbednění stropů, zdění a jiné činnosti. Podrobně jsou sledovány především bednicí práce, které se ve velké míře neobejdou bez zvedacích prostředků. Jsou sledovány i prostoje zvedacích prostředků. Jednotlivé dílčí stavební procesy je možné sledovat souběžně na dvou pracovních záběrech, v případě většího počtu záběrů by byla tabulka o další záběr doplněna. Každý formulář bude doplněn o identifikační údaje stavby a dále budou zachycena množství vykonané práce během směny [4].

FORMULÁŘ: SLEDOVÁNÍ PRÁCE JEŘÁBU (PRO STUDIJNÍ ÚČELY)
TYP JEŘÁBU: MOBILNÍ / VĚŽOVÝ

DATUM: _____
MÍSTO: _____

| Č.Č. | DSP | ZÁBĚRY | TYP/KCE | T^{100} |
|------|------------------|--------------------------|---------|-----------|
| 1. | BEDNĚNÍ | | | |
| 1.1 | BEDNĚNÍ STĚN | ZÁBĚR Č. 1 ZÁBĚR Č. 2 | | |
| 1.2 | BEDNĚNÍ SLOUPŮ | ZÁBĚR Č. 1 ZÁBĚR Č. 2 | | |
| 1.3 | BEDNĚNÍ STROPŮ | ZÁBĚR Č. 1 ZÁBĚR Č. 2 | | |
| 2. | PROSTOJ | ZÁBĚR Č. 1 ZÁBĚR Č. 2 | | |
| 3. | VÝZTUŽ | ZÁBĚR Č. 1 ZÁBĚR Č. 2 | | |
| 4. | BETONÁŽ | ZÁBĚR Č. 1 ZÁBĚR Č. 2 | | |
| 5. | ODBEDNĚNÍ | | | |
| 5.1 | ODBEDNĚNÍ STĚN | ZÁBĚR Č. 1 ZÁBĚR Č. 2 | | |
| 5.2 | ODBEDNĚNÍ SLOUPŮ | ZÁBĚR Č. 1 ZÁBĚR Č. 2 | | |
| 5.3 | ODBEDNĚNÍ STROPŮ | ZÁBĚR Č. 1 ZÁBĚR Č. 2 | | |
| 6. | ZDĚNÍ | ZÁBĚR Č. 1 ZÁBĚR Č. 2 | | |
| 7. | JINÉ: | | | |

MĚŘENÍ PROVEDENO BĚHEM JEDNÉ PRACOVNÍ SMĚNY DNE _____

Obr. 3 Ukázka části formuláře sledování práce jeřábu

3 VYHODNOCOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT JEDNOTLIVÝCH DSP

3.1 Způsob vyhodnocování naměřených dat

Naměřené hodnoty jsou vyhodnoceny a zaznamenány do formuláře – Vyhodnocení naměřených hodnot (obr. 6). Vyhodnocené formuláře budou archivovány na pevný disk a cloudové úložiště tak, aby všichni řešitelé měli kdykoliv přístup k již vyhodnoceným měřením. Formulář je členěn na část

identifikační, ve které jsou obsaženy základní údaje o měření, tj. číslo měření, název stavby, zpracovatel měření a vyhodnocení, datum měření, typ DSP, velikost ucelené části, doby trvání jednotlivých směn a typ bednění. V další části formuláře následuje vyhodnocení směny, tj. zaznamenání časů jednotlivých pracovních cyklů – t_p (čas práce bez jeřábu), t_c (čas práce s jeřábem), T (celkový čas). Následuje vyhodnocení měření, kde je zaznamenána výkonnost m.j/hod, počet cyklů na ucelenou část, počet cyklů za hodinu, průměrný cyklus t_p , t_c , T a průměrný počet cyklů ve směně. Další možnosti vyhodnocení získaných dat je součástí řešení úkolu [5].

3.2 Praktická ukázka vyhodnocení naměřených dat

3.2.1 Pracovní proces na sloupu čtvercového půdorysu

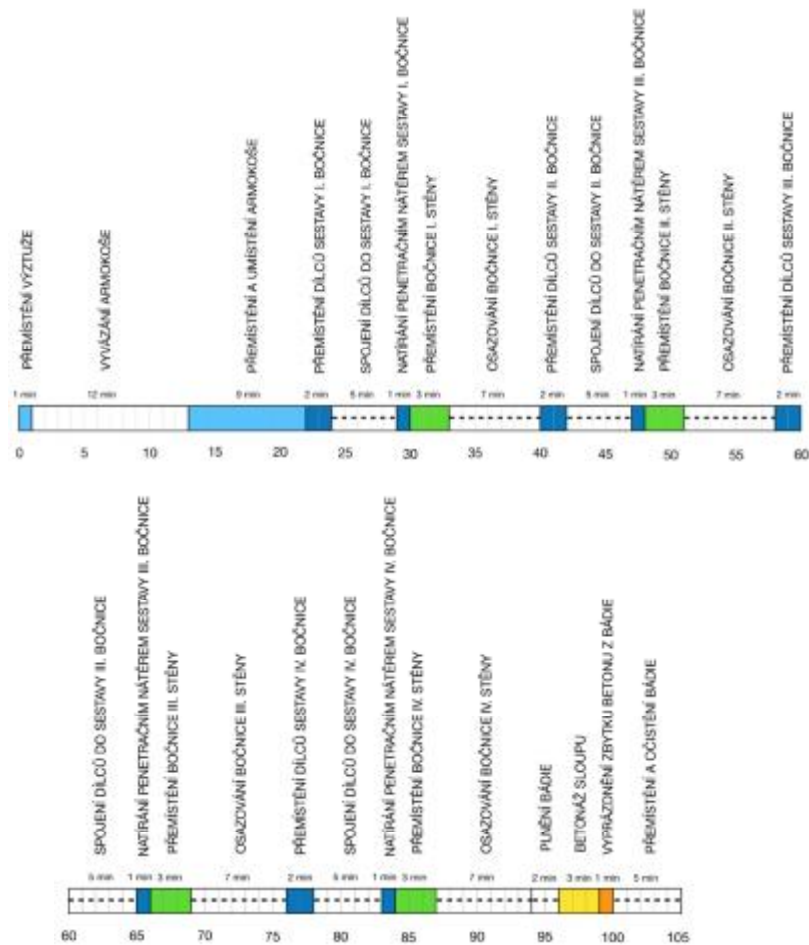
Za pomoci časosběrné kamery byly pořízeny záznamy provádění DSP – železobetonový sloup. Tyto záběry byly následně vyhodnoceny a výstupem je teoretický pracovní cyklus DSP zohledňující podíl zapojení jeřábu do procesu.

Rozměr sloupu: 0,5x0,5x3,0m

Typ bednění: rámové DOKA (Framax Xlife plus či obdobné)

Odhadovaná plocha bednění: 10 m²

Celková doba pracovního cyklu byla experimentálním měřením stanovena na 105 minut (1 hodina a 45 minut).






Obr. 4 Experimentálně stanovený pracovní cyklus na monolitickém sloupu

Předchozí, detailně rozpracovaný, cyklus pak lze následně zjednodušit, jak je patrné z následujícího obr.5:

| | | |
|---------------------|---------|--------------|
| Celková doba práce: | 105 min | (100% času) |
| Práce s jeřábem: | 38 min | (36,2% času) |
| Práce bez jeřábu: | 12 min | (11,4% času) |
| Prostoje: | 55 min | (52,4% času) |



Legenda:

| | |
|---|--------------------|
|  | - práce s jeřábem |
|  | - práce bez jeřábu |
|  | - prostoje |

Obr. 5 Vyhodnocení cyklu montáže bednění sloupu

VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT Č.

(SLEDOVÁNÍ NASAZENÍ ZVEDACÍCH MECHANIZMŮ)

| | | | |
|------------------------------|--|------------|---------|
| STAVBA: | Řečkovice | | |
| VYHODNOTIL: | Lukáš Bříza | | |
| DATUM: | 12.10.2017 | | |
| DSP: | bednění sloupu | | |
| VEUKOST UCELENÉ ČÁSTI: | 10 m ² | | |
| DOBA TRVÁNÍ (POČET SMĚN): | Směna č.1 | 12.10.2017 | 8,0 hod |
| BEDNĚNÍ: | rámové sloupové bednění | | |
| KONKRÉTNÍ TYP: | rámové bednění DOKA (Framax Xlife plus či obdobné) | | |

| | | | |
|-----------------------|---|--------------|--------------------------------|
| SMĚNA Č.: | <input type="text" value="1"/> | | |
| DATUM: | <input type="text" value="12.10.2017"/> | POČET CYKLŮ: | <input type="text" value="4"/> |
| DOBA TRVÁNÍ: | <input type="text" value="8,0 hod"/> | | |
| VYHODNOCENÍ SMĚNY Č.: | <input type="text" value="1"/> | | |

| CYKLUS Č. | t _p [min] | t _c [min] | T [min] |
|-----------|----------------------|----------------------|---------|
| 1 | 12 | 92 | 104 |
| 2 | 10 | 93 | 103 |
| 3 | 11 | 97 | 108 |
| 4 | 14 | 91 | 105 |
| PRŮMĚR: | 11,75 | 93,25 | 105 |

VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ:

| | |
|--|-----------------|
| 1. VÝKONNOST M ² /HOD | 5,71 |
| 2. POČET CYKLŮ/UCELENOU ČÁST: | 4 |
| 3. POČET CYKLŮ/100 M ² | 40,00 |
| 4. POČET CYKLŮ/HOD | 0,44 |
| 5. PRŮMĚRNÝ CYKLUS t _p /t _c /T | 11,75/93,25/105 |
| 6. PRŮMĚRNÝ POČET CYKLŮ VE SMĚNĚ | 18,18 |

Obr. 6 Vyhodnocení naměřených hodnot

Obdobným způsobem se sledují, zaznamenávají a vyhodnocují i další dílčí stavební procesy, které vyžadují obsluhu věžových jeřábů, a to především při výstavbě monolitických železobetonových objektů. Snahou je získat dostatečně velký soubor těchto vstupních dat, aby byl využitelný pro statistické vyhodnocení a matematické modelování.

4 ZÁVĚR

Sledované a vyhodnocované údaje o časových požadavcích jednotlivých dílčích stavebních procesů na obsluhu jeřábem jsou dále využívána jako vstupní data při tvorbě simulačních modelů práce jeřábů na stavbě. Tyto simulační modely budou sloužit pro posouzení a zhodnocení časové efektivity nasazení především věžových jeřábů. Protože stavební výroba má svá výrazná specifika a je velmi obtížné až nemožné přesně předvídat skutečný průběh výstavby včetně časových nároků na obsluhu jeřáby, budou pro simulační modely určeny a jasně definovány okrajové zjednodušující podmínky výstavby a obsluhy DSP jeřáby, které jejich tvorbu zjednoduší a umožní tak dostatečně přesně posoudit časové nároky na stavební jeřáby. Věříme, že to přispěje k efektivnějšímu využívání jeřábů na stavbě a tím i k nemalým finančním úsporám stavebních firem.

Použitá literatura

- [1] ĎUBEK, Marek, MAKÝŠ, Peter. Technologický pohľad na dopady dočasného zastavenia prác na stavbe. In Almanach znalca [elektronický zdroj]. Roč. 15, č. 1-2 (2015), CD-ROM, s. 29-31. ISSN 1336-3174.
- [2] ĎUBEK, Marek, MAKÝŠ, Peter. Harmonogramy v stavebníctve a podklady k ich tvorbe. In Buildustry [elektronický zdroj]. Roč. 1, č. 1 (2017), CD-ROM, s. 25-28. ISSN 2454-0382.
- [3] MOTYČKA, Vít, KLEMPA, Lukáš. Scheduling of tower cranes on construction sites, kapitola v Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies III, Taylor and Francis Group, London, 2016, pp.567-573, ISBN 978-1-138-03224-8.
- [4] MOTYČKA, Vít, KLEMPA, Lukáš. Efficiency of tower cranes, ESaT 2016 2nd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, Technical University of Košice, Košice 2016, pp.83-87, ISBN 978-80-553-2564-4.
- [5] MOTYČKA, Vít, KLEMPA, Lukáš. Simulation model of tower crane work, In Sborník příspěvků mezinárodní vědecké konference CTM 2014, PROCEEDINGS, STU Bratislava, 2014, pp.346-352, ISBN: 978-80-227-4243-6.
- [6] ZHANG, Pei, et al., Location optimization for a group of tower cranes, Journal of construction engineering and management, 1999, 125(2), s. 115-122.