

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky.

Studijní program: **Zemědělské inženýrství (N4101)**

Studijní obor: **Zemědělská a dopravní technika**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Marie Šístková, CSc.

Autor:

Jakub Zdeněk

České Budějovice, 2018

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub ZDENĚK**
Osobní číslo: **Z15520**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Zemědělská a dopravní technika**
Název tématu: **Analýza ventilačního zařízení z hlediska hluku**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

V literární rešerši zpracujte:

1. Ventilační systémy, jednotlivé druhy
2. Popis a charakteristika jednotlivých komponentů ventilačních systémů
3. Zdroje hluku u ventilačních systémů
4. Možnosti a technologie tlumení hluku u ventilačních systémů

V praktické práci proveďte:

1. Popis a charakteristika vybraného objektu a ventilačního systému
2. Určení zdroje hluku u sledovaného ventilačního systému
3. Zjištění hlukové zátěže okolního prostředí v určitých vzdálenostech od zdroje hluku formou měření hladin akustického tlaku
4. Vyhodnocení hlukové zátěže podle platné legislativy
5. Návrh vhodných opatření ke snížení hlukové zátěže

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie, grafy - dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Fry, A.: Noise Control in Building Services. Oxford: Pergamon Press, 1988. 441s. ISBN 0-08-034067-9.

Nový, R.: Hluk a chvění. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2009. 389s. ISBN 80-02246- 3.

Barron, R.: Industrial Noise Control and Acoustics. New York: Marcel Dekker, Inc., 2003. 534s. ISBN 0-8247-0701-X.

Nový, R., a Kučera, M. :Snižování hluku a chvění, Praha: Ediční středisko ČVUT, 2000.

Chyský, J., Hemzal, K. a kol. : Větrání a klimatizace. Brno - B press Brno, ISBN 80-901574-0-8.

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ze dne 24. srpna 2011.

Prospekty a uživatelské příručky výrobců ventilačních systémů.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Marie Šístková, CSc.**

Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2018**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan


**JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚLSKÁ FAKULTA**
studijní oddělení
Studentská 1696, 370 05 České Budějovice


doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 22. března 2017

Prohlášení autora

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma: „Analýza ventilačního zařízení z hlediska hluku“ jsem vypracoval samostatně, a to pouze s použitím citované literatury, která je uvedena v seznamu v závěru této práce.

Prohlašuji, že v souladu s § 47B zákona č. 111/1998 Sb, v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě Zemědělskou fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb- zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 13. 4. 2018

.....

Jakub Zdeněk

Poděkování

Při této příležitosti bych rád poděkoval všem lidem, kteří mi pomohli napsat tuto diplomovou práci. První člověk, kterému bych chtěl poděkovat, je vedoucí mojí diplomové práce Ing. Marie Šítková, CSc, za ochotu, poskytnuté materiály a trpělivost. Další poděkování patří Ondřejovi Brožovi z firmy ZVVZ Milevsko a Ing. Tomáši Svojanovskému z firmy Agroing za poskytnuté materiály, rady a ochotu při zpracovávání mojí diplomové práce. Můj poslední dík bych rád věnoval mé rodině a nejbližším přátelům za pomoc, podporu a trpělivost.

Abstrakt

Tato diplomová práce se ve své první části zabývá základním teoretickým přehledem na téma hluku ve vzduchotechnice a popisem jednotlivých zařízení použitých ve vzduchotechnice a u aktivní ventilace při skladování obilovin. Dále popisuje možnosti aplikací tlumičů hluku pro tato zařízení. V praktické části se zaměřuje na měření hluku u posklizňové linky a na návrh vhodných protihlukových opatření pro splnění podlimitních hladin hluku.

Klíčová slova: Vzduchotechnika; ventilátor; hluk; tlumiče hluku.

Abstract

This diploma thesis deals with the basic theoretical overview of air-conditioning noise, the description of individual devices used in ventilation and active ventilation during storage of cereals. It also describes the possibilities of application of silencers for these devices. In the practical part, it focuses on the noise measurement in the post-harvest line and the design of appropriate noise measures to meet the under-noise levels.

Keywords: Air conditioning; ventilator; noise; silencers.

Obsah:

1	Úvod.....	11
2	Charakteristika hluku	12
3	Účinky hluku na člověka	14
4	Koncepce větracích zařízení	15
4.1	Systémy bez rozvodů vzduchu	15
4.2	Systémy s rozvodem vzduchu	16
4.3	Technologie aktivního větrání při skladování obilovin.....	16
4.3.1	Vzduchorozvodné systémy aktivního větrání.....	17
4.3.2	Obecné zásady aktivní ventilace.....	18
4.3.3	Stupně intenzity aktivního větrání	18
4.4	Druhy aktivního větrání.....	18
4.4.1	Pylonové větrání	18
4.4.2	Provzdušňovací jehly	20
4.4.3	Podlahové větrání	20
4.4.4	Obilní sila a zásobníky.....	22
4.4.4.1	Sila s plochým dnem	22
4.4.4.2	Sila s výsypkou.....	22
4.4.4.3	Zásobníky na obiloviny	23
5	Ventilátory	25
5.1	Zařazení ventilátorů.....	25
5.2	Definice ventilátoru a základní pojmy	26
5.3	Hlavní části ventilátorů	26
5.4	Druhy ventilátorů	26
5.4.1	Radiální ventilátory(obr. 9).....	26
5.4.2	Axiální ventilátory(obr. 10)	27
5.4.3	Diagonální ventilátory(obr. 11)	28
5.4.4	5.4.4 Diametrální ventilátory(obr. 12).....	29
5.5	Charakteristiky ventilátorů	30

5.6	Možnosti řazení ventilátorů.....	30
5.6.1	Paralelní řazení ventilátorů	30
5.6.2	Sériové řazení ventilátorů	31
5.7	Regulace ventilátorů.....	31
5.7.1	Regulace škrcením.....	31
5.7.2	Regulace změnou otáček	31
5.7.3	Víceotáčkové motory.....	32
5.7.4	Napěťová regulace.....	32
5.7.5	Kmitočtová regulace.....	32
5.7.6	Regulace natáčením lopatek	32
6	Potrubí a jeho součásti	34
6.1	Konstrukce vzduchovodů	34
6.2	Spoje vzduchovodů	35
6.3	Tepelná izolace vzduchovodů	36
6.4	Zaregulování sítí vzduchovodů	36
6.5	Příslušenství vzduchovodů	37
6.5.1	Regulátory konstantního průtoku.....	37
6.5.2	Regulační klapky	37
7	Zdroje a šíření hluku u ventilačních zařízení.....	38
7.1	Šíření hluku do okolí	38
7.1.1	Hluk šířený do okolí vzduchovou cestou.....	38
7.1.2	Hluk šířený do okolí ventilátorem	38
7.1.3	Hluk šířený nedostatečnou zvukovou izolací okolních konstrukcí:	39
7.1.4	Hluk šířený přenosem po konstrukci:	39
7.2	Šíření zvuku vzduchotechnickým zařízením.....	39
7.3	Šíření zvuku ve volném prostoru.....	40
8	Stanovení hlukových limitů ze stacionárních bodů	42
9	Útlum hluku ve vzduchotechnice	43
10	Možnosti ochrany proti hluku ve vzduchotechnice	44

10.1	Redukce hluku ve zdroji.....	44
10.2	Metoda dispozice.....	44
10.3	Metoda izolace	44
10.4	Metoda prostorové akustiky	45
10.5	Metoda v používání ochranných pomůcek.....	45
11	Tlumiče hluku:.....	45
11.1	Buňkové tlumiče:	46
11.1.1	Buňkové tlumiče hluku GE (kaširované provedení).....	47
11.1.2	Buňkové tlumiče hluku G (s děrovaným plechem)	47
11.2	Kulisové tlumiče.....	48
11.2.1	Kulisové tlumiče hluku GKK (kaširované provedení) / GKD (s děrovaným plechem).....	48
11.3	Kruhové tlumiče	49
11.3.1	Kruhové tlumiče GD (s děrovaným plechem).....	49
11.4	Akustické kryty:	50
11.4.1	Kryty (bez podlahy)	50
11.4.2	Kontejnery (s podlahou)	50
11.5	Akustické zástěny	51
11.6	Akustické materiály.....	51
11.6.1	Rýhovaná guma	51
11.6.2	Belar.....	52
12	Cíl práce.....	53
13	Charakteristika posklizňové linky Pluhův Ždár:	54
13.1	Princip fungování posklizňové linky:.....	54
13.2	Základní technické údaje o posklizňové lince.....	55
13.3	Technologické schéma posklizňové linky:.....	56
13.4	Soupis technologie	57
14	Charakteristika chráněného venkovního prostoru	59

15	Metodika	60
15.1	Seznam použitých měřidel	60
15.2	Pomocná měřidla	60
15.3	Charakteristika prostoru a měřených podmínek	60
15.4	Zkušební podmínky	60
15.5	Klimatické podmínky v průběhu měření	60
15.6	Povaha hluku	61
16	Místa příjmu a výsledky měření	62
16.1	Výsledky měření uvnitř posklizňové linky	62
16.2	Výsledky měření v blízkém okolí posklizňové linky	64
17	Vyhodnocení měření hluku	67
17.1	Návrh protihlukových opatření	68
18	Závěr	78
19	Seznam literatury	79
20	Seznam tabulek	81
21	Seznam obrázků	81
22	Zdroje obrázků a tabulek	83

1 Úvod

S přibývajícími nařízeními EU se velká pozornost věnuje i problematice hluku. Škodlivé působení hluku na člověka vede k legislativním opatřením, z kterých vzniká řada norem, zákonů a dalších právních předpisů, která nařizují ochranu lidí před nadměrným hlukem. [1]

Z mnoha lékařských a statistických studií je patrné, že hluk má nepříznivý vliv na lidské zdraví. Sluch prvotně složí člověku jako varovný systém a organismus díky němu reaguje na hluk jako na varovný signál a spouští celou řadu mechanismů (zrychlení tepu, zvýšení hladiny adrenalinu, zvýšení krevního tlaku atd.). [2]

V případě dlouhotrvajících stížností na hluk umožňuje stávající legislativa úřadům statní správy uvalit sankce a požadovat odstranění příčin nadměrných hlukových zatížení. Pro mnoho společností to ovšem bývá velmi komplikovaný a nákladný úkol. Obzvláště u průmyslových a zemědělských objektů, které jsou umístěny blízko obytné zástavby, nebo se k nim naopak začne obytná zástavba postupnou výstavbou přibližovat. [1]

Snižování hluku z provozu průmyslových objektů, jak ukazuje praxe, je většinou časově a technicky náročná operace, která se musí většinou rozložit do více etap se změřením již dokončených úprav. Výsledek těchto úprav bude vést především ke splnění legislativních opatření proti škodlivému působení hluku, ale bude mít i přidanou hodnotu ve formě lepších pracovních podmínek pro zaměstnance řešeného podniku. [1]

2 Charakteristika hluku

Vysoké hodnoty hladin hluku jak v pracovním a obytném prostředí, tak často i v rekreačních oblastech vytvořily situaci, jejíž pozitivní ovlivnění se stává z hlediska celospolečenského nezbytnou potřebou. [2]

Zvuk je přirozeným projevem přírodních jevů a životní aktivity člověka. Sluch je přitom pro něho jedním z nejbohatších informačních zdrojů a velmi účinným poplašným systémem. Hlukem můžeme označit každý nežádoucí zvuk. Jinak nelze hluk přesněji fyzikálně definovat, neboť velmi záleží na vztahu člověka k danému zvuku. Pro někoho může být tento zvuk hlukem, ale pro jiného může být důležitým zdrojem informací. [2]

Nadměrný hluk zaujímá v řadě faktorů ohrožující naše životní prostředí stále důležitější místo. V programech ochrany prostředí, které realizují vyspělé státy světa, se řadí hluk zpravidla ihned za znečištěné ovzduší a ochranu povrchových vod. Přestože nikdo nepochybuje o tom, že hluk je zlo, které člověku škodí, je většina lidí zároveň přesvědčena, že konkrétní hluk, který sám produkuje, nebo u jehož vzniku či šíření rozhoduje, ještě není tak závažný, aby bylo potřeba se opravdu účinně snažit ho potlačit. Je to pochopitelné, neboť většina hluku, s nímž se setkáváme, se neprojevuje bezprostřední bolestí nebo patrnou funkční poruchou organismu, ale jeho účinky se kumulují a negativní dopady na exponovanou osobu se projeví až po delší době. Účinky hluku na lidský organismus se nijak výrazně výstražně neprojevují. Hluk působí na velké skupiny obyvatel, ale ve srovnání např. se znečištěním ovzduší nevyvolává hromadný výskyt onemocnění ani jiné katastrofální situace. Účinek hluku je navíc individuálně různý podle osoby, na kterou působí. V současné době je na škodlivé účinky hluku soustředěna pozornost mnoha odborníků v oblasti zdravotnictví. Stejně tak se měřením a snižováním hluku zabývají stále větší skupiny odborníků různých profesí. [2]

Jednou z nejzávažnějších vlastností zvuku a hluku je, že se šíří na poměrně velké vzdálenosti, stovky metrů a více. Přitom se šíří stejně dobře vzduchem i vodou nebo pevnou hmotou jako např. konstrukce budovy. Za určitých podmínek se může akustické vlnění odrážet, lomit a ohýbat. I když např. působí pouze jeden zdroj hluku, může obklopit naše pracoviště nebo místo pobytu. To se projevuje zejména v uzavřených a polouzavřených prostorech. V důsledku tohoto jevu působí hluk na

každého, kdo je v dosahu akustické energie. Postihuje tedy nejenom toho, kdo zdroj obsluhuje, ale i osoby, které se zdrojem nemají nic společného, a pro něž je hluk nežádoucí a zbytečný. [2]

K růstu hlučnosti přispívají i některé tendence při vylehčování konstrukcí strojů a zařízení. Významným měřítkem kvality výrobků se stává poměr mezi výkonem a vlastní hmotností. Vylehčené a ne zcela dobře z hlučového a vibračního hlediska vyvinuté konstrukce strojů a staveb často ztrácejí zvukoizolační schopnosti a způsobují prudké zvýšení vyzařovaného akustického výkonu. [2]

Z naznačených příčin vzniku a růstu hlučnosti můžeme učinit závěr, že z hlediska ochrany člověka před nadměrným hlukem si musíme všimnout zejména těchto oblastí: konstrukce a výroby strojů a zařízení, pracovního prostředí, venkovního prostoru a vnitřního prostoru budov a staveb. [2]

3 Účinky hluku na člověka

Základem určujícím účinek hluku je jeho intenzita. Hodnoty kolem 20 dB považuje většina lidí již za hluboké ticho. Hladinu 30 dB hodnotí lidé jako příjemné ticho. [2]

Od 65 dB výše se začínají již nepříznivě projevovat účinky hluku zejména změnami vegetativních reakcí. Při trvalém pobytu v prostředí, kde hladiny akustického tlaku A přesahují 85 dB, již vznikají trvalé poruchy sluchu. Současně se ve větší míře projevují účinky na vegetativní systém a celou nervovou soustavu. [2]

Při 130 dB se obvykle účinky hluku mění na bolesti ve sluchovém orgánu. K protržení bubínků dochází při hladinách cca 160 dB. [2]

Nebezpečnost hluku spočívá v tom, že lidský organizmus nemá prakticky proti působení akustických signálů významnější obranné funkce. Problém ochrany sluchu není pouze v technickém řešení, ale také v ekonomické oblasti, neboť výrobek, u kterého budeme aplikovat protihluková opatření se může stát mnohonásobně dražším. Je proto nutno vždy zvolit optimální kompromis mezi technickými a ekonomickými možnostmi společností, přičemž hygienické předpisy jsou pro nás hlukovým kritériem. [2]

Škodlivost zvuku spočívá také v dalším aspektu, a to v tom, že nadměrná hluková zátěž pracujících snižuje produktivitu a kvalitu práce a je také významně ohrožena i bezpečnost práce. Bylo dokázáno, že investice vynaložené ve formě zvýšených nákladů na zabezpečení snížení hluku se vyplácí ve formě zvýšené kvality a produktivity práce. Po stránce sociálně kulturní má snížení hlučnosti úzkou souvislost se zvyšováním životního standardu zejména v bydlení a trávení volného času. [2]

4 Koncepce větracích zařízení

Základní rozdělení je na větrání přirozené a větrání nucené.

a) Přirozené větrání

Pro větrání se využívá vztlkových sil vyvolaných rozdílem teplot (jsou úměrné výškovému rozdílu mezi přiváděcími a odváděcími otvory) a nápořem větru (tlakový rozdíl je úměrný kvadrátu rychlosti). Pro toto větrání síly větru převládají (výškové rozdíly jsou poměrně malé). [3]

Přirozené větrání má samo o sobě nepříznivé vlastnosti, je nejintenzivnější obvykle v době nízkých teplot, kdy se větrání omezuje. Dosahy proudu u tohoto větrání jsou proměnlivé, takže je použitelné jen pro menší objekty. Jeho výhodou je, že pro chod nepotřebuje žádnou energii. [3]

Perspektivně se jeví výhodné spojit přirozené větrání se současnou řídicí technikou, která by automaticky zajišťovala otvírání větracích otvorů podle momentálních podmínek. Pro léto by měl mít tento systém posilovací odsávací ventilátory, protože vysoké výměny vzduchu jsou potřebné právě v době, kdy přirozené větrání funguje jen omezeně. [3]

b) Nucené větrání

Nucené větrání můžeme rozdělit na systémy bez rozvodů vzduchu a s rozvody vzduchu. [3]

4.1 Systémy bez rozvodů vzduchu

Patří sem především systémy podtlakové, u nichž je vzduch odsáván axiálními ventilátory umístěnými ve stropě nebo ve speciálních šachtách a čerstvý vzduch je přiváděn z venku buď okny, nebo otvory, vytvořenými pro přívod vzduchu. Tento systém se příliš neosvědčil, protože ventilátory, které odsávají vlhký znečištěný vzduch, mají malou životnost a jejich výměna je obtížná. Kromě toho provětrávání prostoru otvory v obvodové stěně je nedokonalé. [3]

Různých kombinací je celá řada, např. odsávání přes deskový výměník, přičemž čerstvý vzduch se přivádí stejným výměníkem do podtlakového prostoru haly apod. [3]

4.2 Systémy s rozvodem vzduchu

Čerstvý vzduch je přiváděn ventilátorem, obvykle radiálním, který může být umístěn mimo větraný prostor. Od ventilátoru se vzduch rozvádí vzduchovody, které obsahují potřebné výdechy. Plechový vzduchovod může být nahrazen perforovaným igelitovým nafukovacím potrubím. Toto potrubí je laciné a vhodnou perforací a uchycením může být snadno přizpůsobeno individuálním požadavkům. Odvádění vzduchu je zajišťováno přetlakovými otvory nebo okny. Běžné vyústky se pro jejich poměrně velký dosah pro aplikaci v zemědělských halách nehodí. V zimním období lze část vzduchu nasávat přímo z větraného prostoru jako vzduch oběhový. [3]

Tyto systémy mohou být kombinovány s nuceným odsáváním, přičemž odsávaný vzduch může být veden přes výměník pro zpětné získávání tepla. Tyto výměníky jsou v zemědělství velmi náchylné k zanášení a nemohou se instalovat bez filtrů. [3]

Kromě těchto základních alternativ je zejména na zahraničním trhu řada univerzálních jednotek, zajišťujících dobře regulovatelný přívod vzduchu, někdy ve spojení se zpětným získáváním tepla. Tyto jednotky jsou vhodné zejména pro menší haly, protože jsou nákladnější (při rozsáhlejšímu použití) než systémy centrální. [3]

Pro koncipování větrání je třeba využívat všechny tepelné zvláštnosti celého komplexu. Například je výhodné v zimě využívat čerstvý vzduch z půdního prostoru, protože se využívají tepelné ztráty stropem pro ohřev nasávaného vzduchu a kromě toho střecha působí při slunečním svitu jako kolektor. Naproti tomu v létě je účelné přes půdní prostor vzduch odvádět, protože se tím tento prostor vychlazuje. [3]

Vytápění, pokud je třeba, se zajišťuje co nejjednodušším způsobem. Potřeba tepla, vzhledem k produkci zvířat, není vysoká a většinou stačí ohřev jednou nebo dvěma trubkami položenými podél venkovní stěny. Pro nejmenší zvířata se používá místního podlahového vytápění nebo elektrických infralamp. [3]

4.3 Technologie aktivního větrání při skladování obilovin

Skladování obilovin za použití aktivního větrání (AV) slouží k ošetřování obilovin proudem vhnávaného vzduchu. Je kombinací způsobu (technologí) skladování zrna v suchém a zchlazeném stavu. Je založeno na propustnosti vzduchu obilnou hmotou. Zrno v násypu zaujímá asi 50 – 60 % objemu a zbytek objemu tvoří vzduch v mezizrnových prostorech. V 1 m³ násypu obilí činí hmotnost zrna cca 700 kg

a hmotnost vzduchu v mezizrnových mezerách cca 0,5 kg. Úbytek tlaku na jeden metr výšky sloupce zrnin je cca 80 Pa. Při správně prováděném aktivním větrání je vzduch plynule vyměňován a s ohledem na konečnou hodnotu objemu mezizrnového vzduchu dochází k jeho mnohonásobně opakovaným výměnám. Užitím aktivního větrání je možno dosáhnout snížení teploty (zchlazení), snížení vlhkosti (sušení) a obnovení normálního fyzikálně – chemického stavu a složení vzduchu v mezizrnových prostorech obilního násypu (aerace) k uchování životaschopnosti obilí. [4]

K provozování aktivního větrání je třeba ventilační soustava sestávající se v základním provedení z výkonných ventilátorů, vzduchorozvodné soustavy a ovládacích prvků. [4]

Ventilátory musí splňovat tato kritéria:

- Dodávat potřebné množství vzduchu
- Zabezpečit potřebný tlak vzduchu k průchodu obilní hmotou (vrstvou násypu)
- Zajistit optimální rychlost průchodu vzduchu obilní hmotou vzhledem k jímovosti vzduchu
- Ve vztahu k ekonomičnosti provozu dosahovat co nejvyšší celkové účinnosti při minimálním příkonu. [4]

4.3.1 Vzduchorozvodné systémy aktivního větrání

Jsou užívány 3 základní typy v různých variantách konstrukčně – technického provedení:

- **Sací systém**

Je výhodný při dochlazování obilí, určeného k dlouhodobému skladování a odsátý vzduch je možno čistit, takže prostory nad obilním násypem jsou současně aspirovány. [4]

- **Tlačný systém**

Je vhodný při současném dosoušení a dochlazování zrna. Zvláště při větším přetlaku a zvýšení tlaku dochází k poklesu vlhkosti vzduchu a vlivem kompresní práce ventilátorů ke zvýšení teploty vzduchu, což zvyšuje jeho sušící schopnost. [4]

- **Kombinovaný systém**

Je vhodný při aktivním větrání zrna ve vysokých násypných vrstvách, kde teplota vzduchu vstupujícího do obilí je blízká teplotě venkovního vzduchu. [4]

4.3.2 Obecné zásady aktivní ventilace

Vzduch použitý k AV musí mít takovou teplotu a relativní vlhkost, aby teplota rosného bodu byla nižší než teplota obilní hmoty. [4]

U předběžné konzervace je cílem stabilizovat zrno AV ochlazením do doby, než bude usušeno. [4]

Následné ošetření představuje větrání a ochlazování zrna s vlhkostí vhodnou pro jeho skladování s cílem dosažení požadované nízké teploty. [4]

4.3.3 Stupně intenzity aktivního větrání

- **1.etapa** - snížení a udržení teploty zrna na 20 až 22°C po dobu několika týdnů za intenzivního AV - dochází k max. snížení vlhkosti
- **2.etapa** – snížení teploty pod 15°C, dochází ke snížení vlhkosti, omezení dýchání zrna a činnosti mikroorganismů
- **3.etapa** – snížení teploty pod 10°C, dosažení požadované skladovací vlhkosti [4]

Z uvedeného vyplývá, že pro aktivní větrání je rozhodujícím sledovaným parametrem jeho teplota, jež by měla být nižší než teplota zrna. Naopak při následném ošetření zrna AV je rozhodujícím parametrem relativní vlhkost vzduchu, která rozhoduje o efektivnosti aktivního větrání. [4]

4.4 Druhy aktivního větrání

4.4.1 Pylonové větrání

Systém vertikálních pylonů s ventilátory slouží k chlazení, větrání a sušení obilovin, řepky, luskovin, brambor, ve vrstvě až 8 m. (**obr. 1**) Tento systém odsává vlhkost z mezer mezi zrny, nevyžaduje rovnou vrstvu a je použitelný až do 20 %. Jeden ventilátor může být použit pro více pylonů dle zvoleného režimu. Například při vlhkosti 15 % stačí jeden přenosný ventilátor na 8 pylonů. Tento systém aktivního pylonového větrání lze použít téměř ve všech typech skladů. (**obr. 2**) [5]



Obrázek 1 - Vertikální pylon [1]



Obrázek 2 - Umístění pylonů ve skladu obilovin [1]

4.4.2 Provdzušňovací jehly

Provdzušňovací jehly s ventilátory jsou určeny pro řešení tzv. horkých míst v uskladněném obilí. **(obr. 3)** Vysokotlaký sací ventilátor zaručuje vysokou účinnost tohoto zařízení. Provdzušňovací jehla se dodává i ve speciální úpravě pro likvidaci horkých míst v uskladněné řepce. Délka jehly je 2,4 m. [5]



Obrázek 3 - Provdzušňovací jehla. [1]

4.4.3 Podlahové větrání

Přejezdné podpodlahové provdzušňovací kanály a podlahové perforované tunely slouží pro aktivní větrání obilovin a olejnin skladovaných v halách a boxech. [5] **(obr. 4)**

Maximální výška suroviny je 5 m. Zatížení přejezdných podpodlahových kanálů maximálně 7 tun na kolo. Axiální ventilátory (0,75 kW) pracují v sacím i tlačném režimu, radiální pouze v tlačném. **(obr. 5)** [5]



Obrázek 4 - Podpodlahový provzdušňovací kanál [1]



Obrázek 5 - Umístění ventilátorů napojených na podlahové větrání. [1]

4.4.4 Obilní sila a zásobníky

4.4.4.1 Sila s plochým dnem

Sila jsou určena především pro venkovní prostředí. Provedení je z hladkých nebo vlnitých plechů. Instalovat lze jednotlivá sila i celé baterie. **(obr. 6)** Silo je postaveno na ploché základové desce z armovaného betonu, ve které mohou být integrovány dopravní cesty. U sil do kapacity cca 1000 t je celé dno sila perforováno, u větších kapacit je použita kanálová podlaha o ploše 15 nebo 30%. [5]

V řadě jsou sila doplňována o konstrukce na střeše estakádami pro horizontální dopravní cesty. Ploché dno sila je vyprazdňováno oběžným šnekovým dopravníkem. Aktivní větrání je řešeno tlačnými ventilátory ve střeše, pracujícími v automatickém režimu bez zásahu obsluhy. Sila jsou osazena stavoznaky maxima, popřípadě kontinuálním měřením hladiny surovin v silu. [5]

Obrázek 6 - Sila s plochým dnem. [1]



4.4.4.2 Sila s výsypkou

Sila jsou určena pro skladování obilovin, šrotů a krmných směsí ve venkovním prostředí, popř. i v halách a hangárech. **(obr. 7)** Provedení je z hladkých nebo vlnitých plechů. Úhel výsypky je závislý na druhu skladované suroviny. Silo lze doplnit o aktivní větrání v tělese výsypky a ve střeše sila (protikondenzační ventilátor)

Sila je možné použít pro různé účely – jako příjmové, akumulární přes sušárnu, dávkovací, mezioperační, skladovací i expediční. [5]



Obrázek 7 - Sila s výsypkou. [1]

4.4.4.3 Zásobníky na obiloviny

Zásobníky typu SZZ jsou vyrobeny z trapézových pozinkovaných plechů opatřených nátěrem. Jsou určeny pro skladování obilovin. (**obr. 8**) Úhel výsypky je 45 stupňů. Jsou vhodné jako akumulární zásobníky před sušárnou. [5]



Obrázek 8 - Zásobníky na obiloviny. [1]

5 Ventilátory

Ventilátory jsou důležitou součástí téměř všech vzduchotechnických zařízení. Oblast použití ventilátorů je velmi široká. Zahrnuje jak větrací a klimatizační zařízení pro občanské i průmyslové potřeby, tak i různá průmyslová technologická zařízení zejména v energetice, ocelárnách, sklárnách, cementárnách, chemickém a dřevařském průmyslu. S použitím ventilátorů se však setkáme také v textilních, stavebních a zemědělských strojích i v elektronice. [6]

V každém odvětví průmyslu najdeme jeden nebo více ventilátorů. Hluk ventilátorů je nejlépe řešitelný pomocí absorpčního tlumiče hluku. Ventilátory se používají k přesunu velkého množství vzduchu tím, že přivádějí čerstvý vzduch z venku, dále pro vyfukování prachu, páry nebo olejové mlhy z průmyslového prostředí, nebo pro sušení a chlazení. Průmyslové ventilátory jsou obvykle nízkorychlostní, nízkotlaké a mají velký výkon a objemový průtok. V ideálním případě by ventilátory měly pracovat s maximálním výkonovým bodem v tlakovém toku. Proto je volba mezi axiálními nebo odstředivými ventilátory ovlivněna tím, aby dodržela účinnost při určitém statickém tlaku. [7]

5.1 Zařazení ventilátorů

Ve strojírenství zaujímají stroje pro dopravu a stlačování vzdušin význačné místo jak z hlediska výroby, tak použití. Tyto stroje možno rozdělit do skupin podle velikosti kompresního poměru, tj. poměru absolutního tlaku na výtlačku k absolutnímu tlaku na sání stroje. Stroje s kompresním poměrem blízkým 1 se nazývají ventilátory. Stroje s kompresním poměrem 1,5 až 3 se nazývají dmyhadla a stroje s kompresním poměrem větším než 3 se nazývají kompresory. Všeobecně však platí, že ventilátory se používají spíše pro dopravu vzdušnin, zatímco kompresory spíše pro jejich stlačování. [6]

Zatímco dmyhadla a kompresory je možno dělit na objemové a lopatkové stroje, ventilátory jsou výhradně lopatkovými stroji. Objemové stroje mají sací a výtlačný prostor stále od sebe navzájem oddělen, a to jak při pohybu pístu, resp. rotoru, tak i jsou-li tyto části v klidu. Objemové stroje mohou být pístové s vratným pohybem pístu, rotační s rotačním pohybem pístu a zubové. Lopatkové stroje mají sací a výtlačný prostor navzájem stále spojen. K stlačování vzdušiny dochází v důsledku

dynamického působení lopatek na vzdušinu. Tento účinek je závislý na relativní rychlosti vzdušiny vůči lopatkám a projevuje se tedy pouze při pohybu rotoru. [6]

5.2 Definice ventilátoru a základní pojmy

Ventilátory jsou rotační lopátkové stroje, které jsou určeny ke kontinuální dopravě vzdušiny při malých kompresních poměrech. Hodnota tohoto poměru je obvykle v rozmezí 1,01 až 1,1, zřídka až 1,3 a zcela výjimečně u víceúrovňových ventilátorů až 1,5. [6]

V průtočné části ventilátoru předává oběžné kolo vzdušinu mechanickou energii, jejímž zdrojem je pohon ventilátoru. Přírůstek energie jednotkového objemu vzdušiny, vyjádřený zvýšením celkového tlaku vzdušiny při průchodu ventilátorem, se nazývá celkový tlak ventilátoru. Protože ventilátorem dopravovaná vzdušina je stlačitelná, a protože se při průchodu ventilátorem zvyšuje její tlak, mění se měrná hmotnost vzdušiny. Pro kompresní poměry menší než 1,03 se obvykle změna měrné hmotnosti zanedbává a změna stavu vzdušiny se uvažuje jako izochorická. Při větších kompresních poměrech se obvykle tato změna stavu vzdušiny uvažuje jako adiabatická. [6]

5.3 Hlavní části ventilátorů

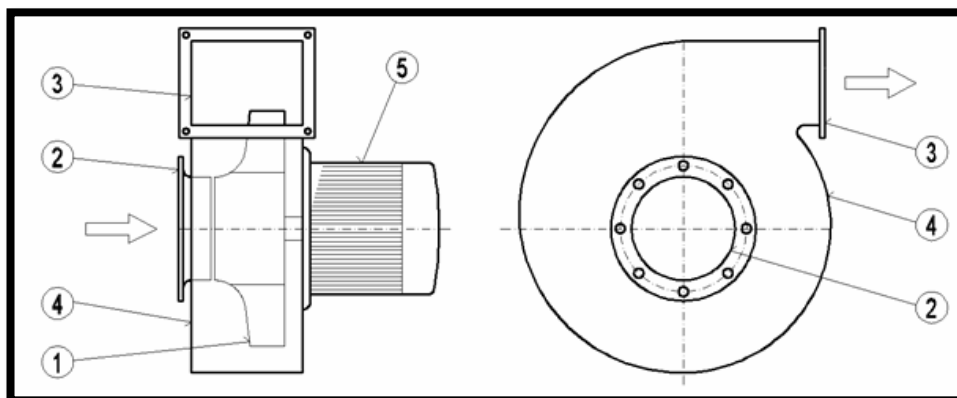
Ventilátor se zpravidla skládá z těchto základních částí: rotoru, skříně, základového rámu se stoličkami, pohonu, popřípadě převodového ústrojí. [6]

Rotor motoru se skládá z jednoho nebo více oběžných kol, hřídele a řemenice nebo poloviny spojky. Oběžné kolo je umístěno uvnitř skříně ventilátoru. Základový rám nese skříň, ložiskové a motorové stoličky a slouží k uložení ventilátoru na základ. [6]

5.4 Druhy ventilátorů

5.4.1 Radiální ventilátory (obr. 9)

Hlavními součástmi radiálního ventilátoru jsou oběžné kolo (1), sací hrdlo (2), výtlakové hrdlo (3), spirální skříň (4) a elektromotor (5). Součástí oběžného kola jsou lopátkové kanály, které při otáčení zajišťují nasávání vzduchu v axiálním směru a výtlak ve směru kolmém na osu rotace (odtud radiální). Úkolem spirální skříně je, obdobně jako u difusoru, přeměna kinetické energie na energii tlakovou. [8]



Obrázek 9 - Schéma radiálního ventilátoru [2]

Podle tvaru lopatek oběžného kola rozlišujeme radiální ventilátory s:

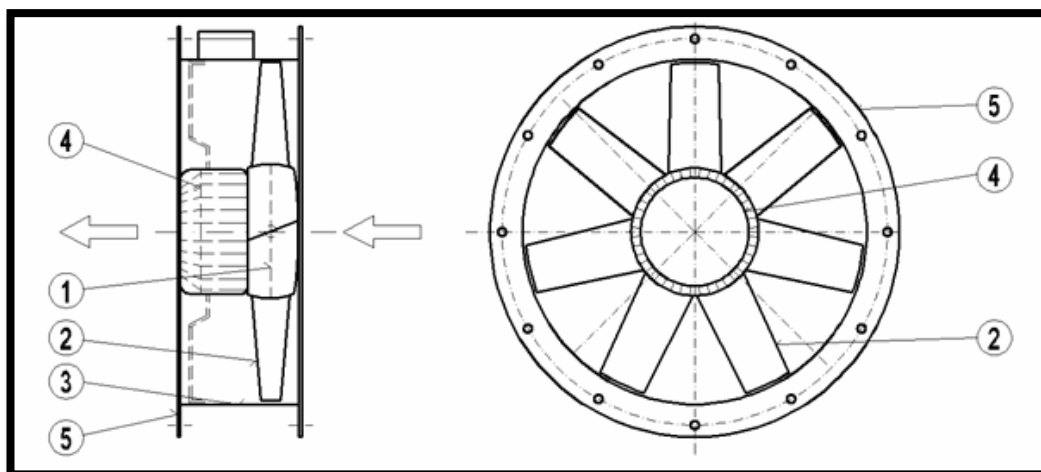
- dopředu zahnutými lopatkami
- dozadu zahnutými lopatkami
- radiálně zakončenými lopatkami [8]

Nejpoužívanějšími ventilátory ve větrací a klimatizační technice jsou nízkotlaké ventilátory s dopředu zahnutými lopatkami. Oběžné kolo s konstantní šířkou je konstrukčně jednoduché, i když počet lopatek je značný (cca 40 až 50). Jako materiál bývá nejčastěji použit pozinkovaný plech. Celková účinnost tohoto typu ventilátoru dosahuje hodnot 0,55 až 0,65. [8]

Účinnější jsou ventilátory s dozadu zahnutými lopatkami, jejichž celková účinnost se pohybuje v rozmezí 0.8 až 0.85. Tyto ventilátory se vyrábějí především jako středotlaké a vysokotlaké. Oběžná kola jsou většinou svařovaná s menším počtem lopatek (6 až 15). [8]

5.4.2 Axiální ventilátory (obr. 10)

Jeho základní schéma je znázorněno na obrázku, skládá se zpravidla z rotoru (1), oběžných lopatek (2), pláště (3) a elektromotoru (4). Potrubní provedení axiálních ventilátorů bývá opatřeno přírubami (5). U axiálních ventilátorů proudí vzduch ve směru osy otáčení oběžného kola a používají se tam, kde je požadován velký průtok vzduchu bez vysokých nároků na dopravní tlak. [8]

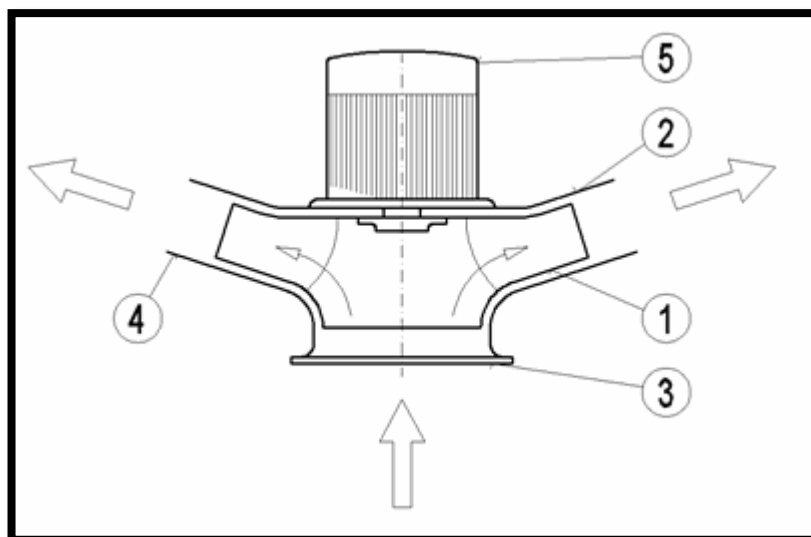


Obrázek 10 - Schéma axiálního ventilátoru [2]

Axiální ventilátory je možné dále rozdělit na přetlakové a rovnotlaké. U přetlakových ventilátorů je statický tlak za oběžným kolem vyšší než před kolem. Objemové průtoky se pohybují v širokém pásmu hodnot a používají se nejčastěji pro větrací a klimatizační zařízení, ale i pro chladicí věže atd. Celková účinnost těchto ventilátorů se pohybuje kolem hodnoty 0,85. Zejména v průmyslu se pak používají ventilátory rovnotlaké, u kterých je statický tlak za oběžným kolem stejný jako před kolem (v oběžném kole se proud vzduchu urychluje). Za oběžným kolem ventilátoru (průměr až 3 m) je umístěn difuzor, ve kterém při poklesu dynamického tlaku roste tlak statický. Objemový průtok vzduchu dosahuje opět značných hodnot (až 300 m³/h), celková účinnost je cca 0,8. [8]

5.4.3 Diagonální ventilátory (**obr. 11**)

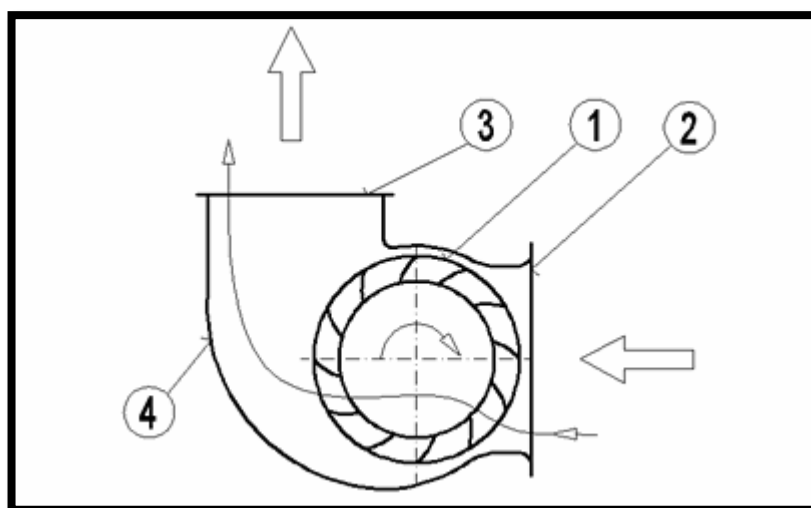
Diagonální ventilátor připomíná konstrukcí oběžného kola spíše radiální ventilátor, ve skutečnosti se jedná o přechod mezi axiálním a radiálním ventilátorem. Vzduch proudí do ventilátoru v axiálním směru, tedy ve směru osy rotace oběžného kola, avšak výtlak z ventilátoru je pod úhlem menším než 90°. Schéma tohoto typu ventilátoru je na obrázku 3, kde jsou vyznačeny hlavní součásti: oběžné kolo (1), skříň ventilátoru (2), sací hrdlo (3), výtlačné hrdlo (4) a elektromotor (5). [8]



Obrázek 11- Schéma diagonálního ventilátoru [2]

5.4.4 5.4.4 Diametrální ventilátory (obr. 12)

Schéma diametrálního ventilátoru je naznačeno na (obr.12). Ventilátor nasává vzduch na vnějším obvodu oběžného kola (1) v sacím hrdle (2). Vzduch prochází příčně oběžným kolem a opět vystupuje na vnějším obvodu, odkud je dále vyfukován do výtlačného hrdla (3). Po obvodě oběžného kola jsou rozmístěny dopředu zahnuté lopatky. Šířka oběžného kola bývá 1 až 5-ti násobek vnějšího průměru oběžného kola. Tyto ventilátory se používají tam, kde je nutné nasávat vzduch v širokém podélném rozměru, např. je možné se s nimi setkat u některých typů jednotek fan-coil. Celková účinnost tohoto typu ventilátoru bývá 0.45 až 0.55. [8]



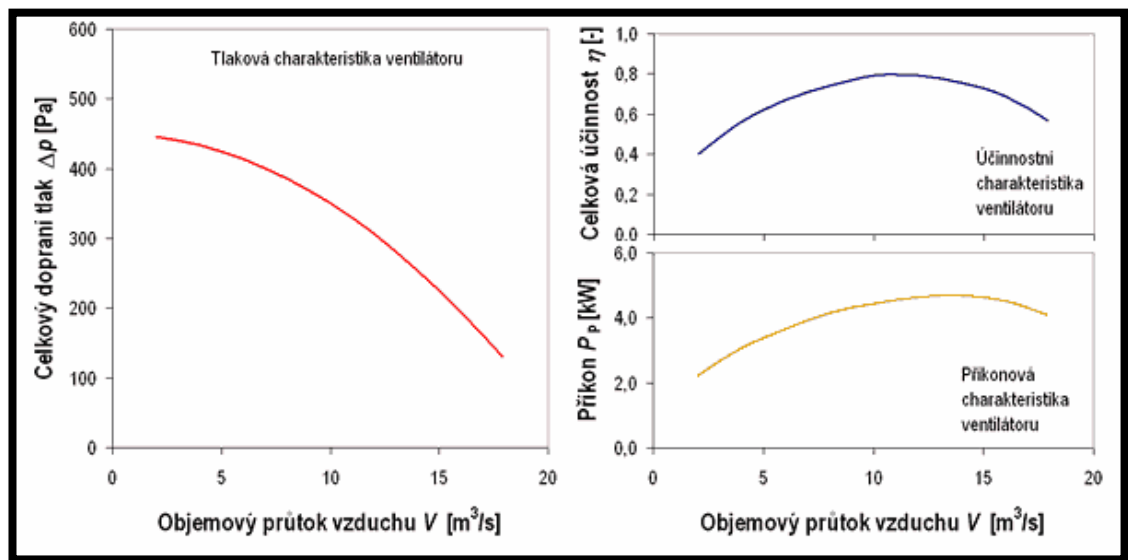
Obrázek 12 - Schéma diametrálního ventilátoru [2]

5.5 Charakteristiky ventilátorů

Na (obr.13) jsou znázorněny obecné charakteristiky ventilátoru, mezi něž patří:

- tlaková charakteristika – $\Delta p = f(V)$
- příkonová charakteristika – $P_p = f(V)$
- účinnostní charakteristika – $\eta_c = f(V)$ [6]

Charakteristické křivky jsou určeny měřeními a výrobce je udává v katalogovém listu ventilátoru. Obvykle jsou vlastnosti ventilátorů udávány pro určitý stav vzduchu ($\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$). [9]

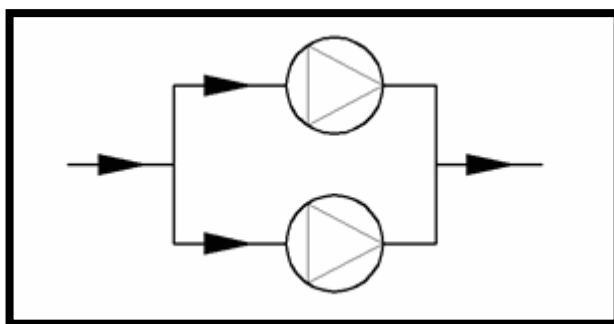


Obrázek 13 - Obecné charakteristiky ventilátoru [2]

5.6 Možnosti řazení ventilátorů

5.6.1 Paralelní řazení ventilátorů

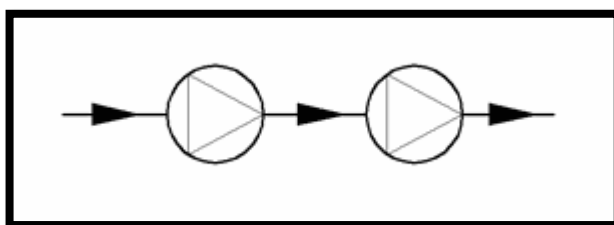
Pokud chceme dosáhnout vysokého objemového průtoku (nebo z důvodu regulace průtoku), lze zařadit ventilátory paralelně vedle sebe. (Obr. 14). [9]



Obrázek 14 - Paralelní řazení ventilátorů [3]

5.6.2 Sériové řazení ventilátorů

Sériové řazení ventilátorů se používá zřídka, většinou, když chceme dosáhnout vyšších dopravních tlaků. (Obr. 15). [9]



Obrázek 15 - Sériové řazení ventilátorů [3]

5.7 Regulace ventilátorů

5.7.1 Regulace škrcením

Regulace škrcením se provádí nejčastěji klapkami, které se zařazují buď před, nebo za ventilátor, čímž dojde ke změně charakteristiky potrubní sítě (změna místního odporu) a tím ke změně pracovního bodu ventilátoru. Z hlediska energetické náročnosti se jedná o regulaci ztrátovou. [9]

5.7.2 Regulace změnou otáček

Regulace změnou otáček motoru je jednou z nejehospodárnějších regulací. Při změně otáček dojde ke změně charakteristiky ventilátoru při zachování charakteristiky potrubní sítě. Při změně pracovního bodu z 1 na 2 však dojde ke změně účinnosti ventilátoru (zpravidla k horšímu, pokud bod 1 je optimálním pracovním bodem ventilátoru). Existuje několik možností, jak měnit otáčky motoru. [9]

5.7.3 Víceotáčkové motory

Základní možností je použití víceotáčkových motorů (většinou dvou nebo tří – otáčkových). Změna otáček je uskutečňována skokově, přepínáním počtu polů u asynchronních motorů. Otáčky rotoru lze stanovit ze vztahu:

$$n = \frac{120f}{p} (1 - s) [1/min]$$

f – frekvence [Hz]

p – počet polů[-]

s - skluz (po rozběhu bývá skluz od 2 do 5%) [9]

5.7.4 Napěťová regulace

Napěťová regulace je založena na změně napětí, která je uskutečňována zařazením odporu do obvodu rotoru (např. motory s kroužkovou kotvou). Regulace výkonu ventilátoru může probíhat např. v 5-ti stupních s krokem cca 20 %, čemuž odpovídá 5 pracovních charakteristik ventilátoru. Tento způsob regulace je vhodný pro nízkotlaké ventilátory, neboť část příkonu elektromotoru se přeměňuje na teplo. [9]

5.7.5 Kmitočtová regulace

Optimální regulací z hlediska energetické náročnosti je regulace kmitočtu. Jedná se o plynulou regulaci výkonu, která umožňuje regulovat průtok vzduchu v plném rozsahu od 0 do 100 %. Pro tento typ regulace se používají frekvenční měniče a lze použít pro všechny typy ventilátorů. Zejména je tato regulace vhodná pro vyšší výkony ventilátorů. [9]

5.7.6 Regulace natáčením lopatek

Natáčením lopatek (ve směru shodném s otáčením oběžného kola) v sání radiálních ventilátorů s dozadu zahnutými lopatkami dojde ke změně charakteristiky ventilátoru (snižuje se dopravní tlak). Tím dojde ke změně pracovního bodu ventilátoru. U nízkotlakých ventilátorů se tento druh regulace projevuje jako škrcení. [9]

U axiálních ventilátorů lze použít natáčení lopatek oběžného kola. Takové řešení je sice hospodárné a umožňuje regulaci v širokém rozsahu průtoku, avšak konstrukčně je složité a drahé. [9]

6 Potrubí a jeho součásti

Vzduchovody se přivádí vzduch k větrání nebo klimatizaci prostorů a odvádí vzduch se škodlivinami z těchto prostorů nebo od technologických zařízení. Na správném návrhu a provedení sítí vzduchovodů závisí dobrá činnost celého zařízení. Spolu se součástmi rozvodu (vyústkami, regulačními, uzavíracími a protipožárními klapkami, izolacemi, spoji a závěsy, čistícími otvory, žaluziemi, příp. regulátory průtoku) tvoří významnou položku v investičních nákladech. Energie potřebná k překonávání tlakových ztrát, které vznikají při dopravě vzduchu, je významnou položkou provozních nákladů. Jejich projekčnímu návrhu, konstrukci, výrobě, montáži i provozu je proto třeba věnovat náležitou pozornost. [3]

6.1 Konstrukce vzduchovodů

Většina vzduchovodů je z tenkého ocelového pozinkovaného plechu. Tloušťka plechu je odstupňována podle rozměrů potrubí a skupiny, která charakterizuje provozní podmínky. Jmenovité rozměry podle českých norem jsou v **tab. 1**. [3]

Tabulka 1 - Jmenovité rozměry potrubí z ocelového plechu (mm)[5]

Průměr		70	80	90	100	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450	
Tloušťka	Skupina I	∅	0,5												0,6				
		∇	-					0,6					0,8						
	Skupina II	∅	0,8				1,0				1,3					1,5			
		∇	-				1,0				1,3					1,5			
	SPIRO	-	0,5				0,7					0,9							
	VTK	-	0,8				1,0					-							
Průměr		500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000	2240	2500			
Tloušťka	Skupina I	∅	0,8				1,0				1,3				-				
		∇	0,8				1,0				1,3	1,5	-						
	Skupina II	∅	1,5				2,0				2,5								
		∇	1,5				2,0				-								
SPIRO	-	0,9				-				-									
Podtržené rozměry nejsou doporučeny pro čtyřhranné potrubí. Potrubí SPIRO se vyrábí v délkách podle potřeby až do 4 m.																			

Zdroj: J. Chyský, K. Hemzal a kolektiv 1993

Nejčastěji používané potrubí je kruhového průřezu. Kruhové vzduchovody se méně zanášejí prachem a jsou menším zdrojem aerodynamického hluku. Jsou proto používány k dopravě vzduchu vyššími rychlostmi. Výroba čtyřhranných tvarovek nevyžaduje speciální strojní vybavení. Proto se u nás vyrábí až ¾ vzduchovodů

čtyřhranných, avšak ve vyspělých zemích je kruhových vzduchovodů vyráběno až 70%. Při potřebě překonat při montáži kruhového potrubí přednost čtyřhranného, které se lépe přizpůsobí stavbě, vedou se dva kruhové vzduchovody paralelně. [3]

Tvarovky slouží ke změně směru a rychlosti nebo k rozdělení či spojení proudů vzduchu. Oblouky, kolena, přechody a rozbočky mají mít tvar, při kterém budou tlakové ztráty malé. Kolena ostrá, bez vnitřního zaoblení nebo alespoň zkosení, mají velkou tlakovou ztrátu a jsou zdrojem hluku. Proto se v současné době nenavrhují. K usměrnění proudu vzduchu se vkládají do kolena vodící plechy. Kolena s vodícími plechy nejsou vhodná pro větve na sání ventilátorů, kde je nebezpečí stažení papírů, látek a vláken, které by koleno ucпaly. [3]

Difuzory pro malou tlakovou ztrátu by neměly mít uhel stěn větší než 14. U krátkých difuzorů s velkým požadavkem na změnu průřezu je účelné rozšířit stěny s malým optimálním úhlem a ukončit je náhlým rozšířením. [3]

Odbočky a rozbočky čtyřhranného potrubí lze požadovat s regulačními listy a s vodícími plechy. Životnost vzduchovodů (u pozinkovaných 20 až 25 let) se zvyšuje ochrannými nátěry proti korozi. [3]

Pružné (flexibilní) roury se používají k připojení koncových jednotek, stropních výústek a zákrytů místně odsávaných strojů. Jsou svíjeny z jedné až tří vrstev tenkého hliníkového pásku a tvarovou přizpůsobivostí umožňují předlisovaná zvlnění pásků. Pro průmyslové účely jsou hadice pryžové se zalitou drátěnou kostrou. [3]

- a) Přívod vzduchu s filtrací a ohřevem
- b) Větrání s chlazením
- c) Klimatizace
- d) Klimatizace s vysokými nároky na čistotu [3]

6.2 Spoje vzduchovodů

Jednotlivé díly vzduchovodů se spojují převážně přírubami, kruhové SPIRO potrubí se spojuje vsuvnými spojkami těsněnými nátěrem hustší barvou nebo speciálním tmelem, příp. přelepením textilní nebo plastovou páskou. Mezi příruby se vkládá těsnící provazec nebo deskové těsnění z pásků profilované nebo ploché pryže. Podélné spoje trub a konstrukční spoje tvarovek jsou přehybové. [3]

Netěsnostmi spojů, převážně přírubami, uniká část dopravovaného vzduchu (ve větvích na výtlaku ventilátoru), nebo se do vzduchovodu vzduch přidává. Netěsností pronikající vzduch je zdrojem nehospodárnosti a jeho nerespektování může být příčinou nedostatečné výkonnosti vzduchotechnického zařízení případně zdrojem provozních potíží. [3]

6.3 Tepelná izolace vzduchovodů

Změny teploty přiváděného vzduchu způsobené tepelnými ztrátami nebo případnými tepelnými zisky prostupem tepla stěnami vzduchovodů, spolu s netěsnostmi vzduchovodů, mohou být příčinou provozních závad (nedostatečné vytápění nebo chlazení místností na konci sítě vzduchovodů). Změnu teploty vzduchu ve vzduchovodech je proto třeba kompenzovat zvýšením průtoku koncovými úseky a potrubí izolovat. Izolace potrubí také snižují nebezpečí kondenzace vlhkosti. [3]

6.4 Zaregulování sítí vzduchovodů

Účelem zaregulování je zajistit úpravou tlakových ztrát, aby vyústkami proudily žádané průtoky vzduchu. [3]

Postup spočívá v postupném poměrném (proporcionálním) nastavování průtoků odbočkami. Postupuje se od konce hlavní větve směrem k ventilátoru. Nejbližší vyústka se vybere za referenční. Měřením zjištěné průtoky referenční a zaregulovanou vyústkou se porovnají a regulační klapkou u regulované vyústky se nastaví průtoky do stejného poměru, jako jsou projektem stanovené. Každým přestavením regulační klapky se mění průtoky ve všech větvích a tedy i referenční vyústkou. Proto je potřeba po každém přestavení klapek dvojici měření opakovat. [3]

Tímto postupem se zaregulují nejen koncové větve, ale i všechny rozbočky. Požadovaný průtok se zajistí přizpůsobením průtoku ventilátorem průtoku požadovanému, např. úpravou otáček. Před zahájením tlakových úprav je třeba síť připravit. Musí být uspokojivé výsledky měření netěsnosti, všechny regulační klapky musí být otevřené. K zajištění správné funkce je vhodné dodržovat průtoky s tolerancemi (5 až 15) %. [3]

Průtok vyústkami, kde se porovnávají poměrné hodnoty, je účelné měřit stejným přístrojem, protože se téměř eliminují chyby měření. Kromě měření lopatkovými anemometry je vhodnou metodou plnění nafukovacího vaku.[3]

6.5 Příslušenství vzduchovodů

Součástí sítí vzduchovodů jsou regulační klapky, regulátory konstantního průtoku a požární klapky. [3]

K úpravě průtoku většími obdélníkovými průřezy se instalují regulační klapky vícelistvé. Pro jednorázové zaregulování průtoku se vkládají mezi příruby plechy, kterými se vytvoří jednoduchá clona. Regulační klapky v kruhovém vzduchovodu mají pro zrovnoměnění regulační charakteristiky průměr d menší, než má vzduchovod. Hlučnost klapky se touto úpravou sníží, klapku však nelze použít jako uzavírací. [3]

6.5.1 Regulátory konstantního průtoku

Udrží nastavenou hodnotu (obvykle s tolerancí $\pm 5\%$) v širokém rozmezí tlaků v potrubí před regulátorem. Vytvářejí vhodné podmínky pro funkci koncových prvků rozvodu. Při umístění ve všech koncových úsecích zajišťují stejný průtok každou z vyústek bez ohledu na tlakové poměry v síti. Síť pak nevyžaduje zaregulování a zvýšené investiční náklady se vyplatí zejména u sítí s výrazným vlivem změn tlaku v místnostech na průtok vyústkami a u obtížně zaregulovatelných sítí. Průtok regulátory je pevně nastavitelný nebo přestavitelný. [3]

6.5.2 Regulační klapky

Vzduchotechnické klapky (vícelisté) mají listy souběžné nebo protiběžné. Změna průtoku vzduchu způsobena natočením listů závisí na autoritě klapky, kterou je poměr tlakové ztráty zcela otevřené klapky a ztráty tlaku v síti (včetně klapky), která je klapkou řízena, tj. části zařízení, na jehož koncích se tlak nemění při natočení klapky. Průtok se mění s natočením klapky přibližně lineárně při $P_k = 0,03$ až $0,06$ u protiběžných a při $P_k = 0,1$ až $0,15$ u souběžných klapek. Pro stabilní regulační pochod je účelné přizpůsobit těmto hodnotám tlakovou ztrátu navrhovaných klapek volbou vhodné velikosti příp. dodatkovým odporem. [3]

7 Zdroje a šíření hluku u ventilačních zařízení

7.1 Šíření hluku do okolí

7.1.1 Hluk šířený do okolí vzduchovou cestou

Frekvenčním rozbořem naměřených hodnot lze posoudit, zda se jedná spíše o hluk aerodynamický, způsobený vlastním hlukem potrubních elementů (zpravidla koncových), nebo jestli se jedná o hluk vlastního ventilátoru. V případě vlastního hluku elementů je nutné zmenšit rychlost proudění, v případě hluku z provozu ventilátorů je nutné předřadit tlumiče hluku, vytlumená kolena, apod. Je možná i kombinace obou variant. [10]

7.1.2 Hluk šířený do okolí ventilátorem

V případě, že sání i výdech ventilátoru jsou dostatečně zatlumeny a hluk způsobuje samostatný ventilátor vyzařováním do okolí. Toto zařízení je nutné buď izolovat, opatřit akustickým krytem nebo v případě směrového stínění instalovat akustickou zástěnu. Jednotlivé případy vždy vyžadují individuální řešení. [10]

Hlavní příčinou hluku ventilátorů je vysoce turbulentní proudění vzduchu ventilátorovým kolem a spirální skříní. Tento hluk je charakterizován spojitým širokopásmovým spektrem, jehož akustický výkon roste s vyšší mocninou rychlosti proudění vzduchu. Je obecně známo, že průtok vzduchu je závislý na první mocnině otáček. Dopravní tlak ventilátoru narůstá s druhou mocninou otáček a aerodynamický hluk ventilátoru roste s pátou mocninou otáček. [11]

Všechny ventilátory charakterizuje vlastnost, kde jejich dopravované množství narůstá lineárně se zvyšováním otáček a dopravní tlak je funkcí druhé mocniny otáček. Hladina akustického výkonu ventilátoru narůstá podle funkční závislosti.

$$L_w = 50 \log (n_1/n_2) [dB]$$

$$n_1 n_2 - \text{otáčky oběžného kola ventilátoru [ot/min]}$$

To znamená, že zvýšíme-li otáčky ventilátoru na dvojnásobek, celková hladina akustického výkonu ventilátoru vzroste o 15db. [11]

Nižší hladiny hluku lze dosáhnout redukcí vzduchu a mechanických vibrací. Toto může být například dosaženo těmito úpravami: [12]

- Použitím tišších ventilátorů
- Snížení rychlosti ventilátoru
- Zlepšení návrhu a uspořádání potrubí vzduchotechnického systému
- Použití tlumičů a akusticky ošetřených potrubí
- Izolační držáky a konektory
- Tlumení
- Pravidelná údržba [12]

7.1.3 Hluk šířený nedostatečnou zvukovou izolací okolních konstrukcí:

V případech, kdy je hluk z provozu zařízení šířen do chráněných prostor nedostatečnou zvukovou izolací obvodových konstrukcí, a potom je nutné přistoupit buď ke snížení hluku na zdroji (snížení otáček, instalací akustického krytu), nebo zesílit vlastní inkriminovanou konstrukcí (zvukoizolační předstěny) [10]

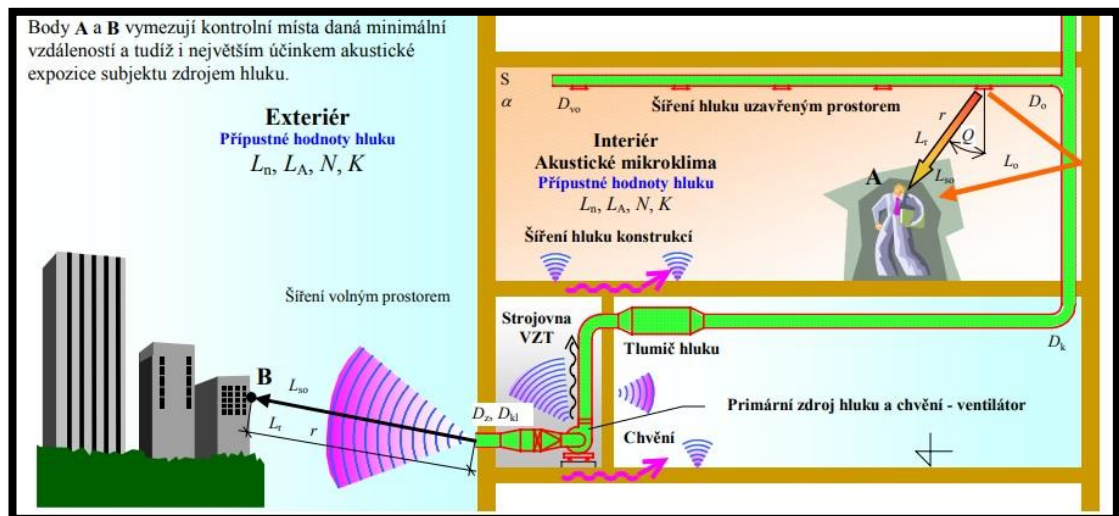
7.1.4 Hluk šířený přenosem po konstrukci:

V možnostech, kdy je ventilace z hlediska aerodynamického hluku navržena správně a hluk šířený od ventilátoru je dostatečně zatlumen, mohou nastat případy, kdy hluk z provozu překračuje v chráněných místech hygienické limity a nebo je subjektivně patrný. Zpravidla se jedná o přenos hluku po konstrukci. Příčinou může být absence pružných vložek oddělující ventilátor (ventilační komoru) od okolní potrubní trasy, tuhé uložení ventilátoru, zadržané potrubí, příliš tuhé zemnění. [10]

7.2 Šíření zvuku vzduchotechnickým zařízením

V prostoru se akustická energie šíří od zdroje všemi směry vlnami, jejichž účinek ovlivňuje okolí svými akustickými vlastnostmi. Zvuk se nešíří vzduchotechnickými zařízeními jen vzduchem, ale i stavebními konstrukcemi a zejména chvěním částí připojených k zařízení i volným prostorem. Problematiku šíření zvuku lze pro účely vzduchotechniky rozdělit na šíření zvuku volným a uzavřeným prostorem. Negativním projevem šíření zvuku je hluk. Idealizovaná problematika šíření hluku vzduchotechnického zařízení je znázorněna na (**obr.16**). Základním zdrojem hluku je ventilátor. Jeho hluk se šíří potrubím do interiéru i exteriéru budovy, přičemž

se uplatní všechny způsoby šíření, jak volným, tak uzavřeným prostorem i stavebními konstrukcemi. Šíření zvuku ve volném a uzavřeném prostoru, předepsané hlukové veličiny a kritéria hodnocení akustické složky prostředí uvádí také obr. 1. [13]



Obrázek 16 - Schéma šíření hluku ve vzduchotechnickém zařízení [6]

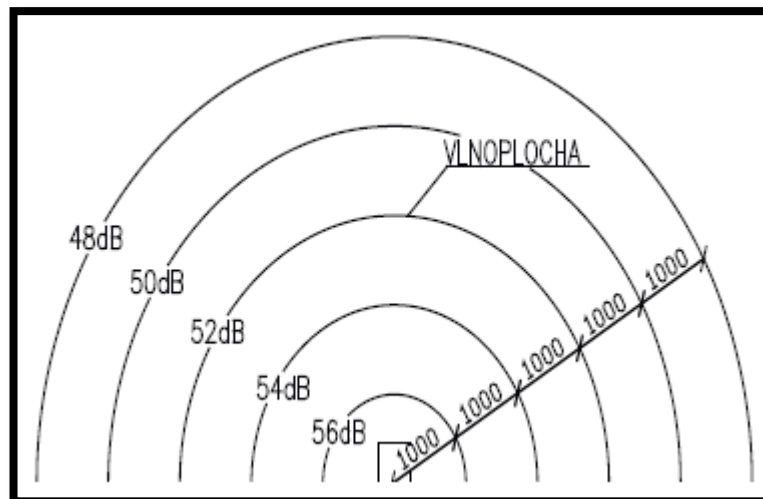
7.3 Šíření zvuku ve volném prostoru

Výpočet hladiny akustického tlaku ve venkovním prostředí vychází ze vztahu pro vnitřní prostředí. Z tohoto vztahu je vynechán člen uvažující vliv akustické pohltivosti prostředí, ta je ve většině případů při šíření zvuku vnějším prostředím zanedbávána (Obr. 17). [11]

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \pi x r^2} \right) [dB]$$

Q – směrový činitel, nabývá hodnot 1 až 8

r – poloměr vzdálenosti kulové vlnoplochy od zdroje hluku k posluchači [m][11]



Obrázek 17 - Šíření zvukových vln ve vnějším prostředí. [7]

8 Stanovení hlukových limitů ze stacionárních bodů

Chráněný venkovní prostor a chráněný venkovní prostor staveb

Hodnoty hluku (podle nařízení vlády č. 272/2011 Sb., část třetí: Hluk v chráněných vnitřních prostorech, v chráněných venkovních prostorech staveb a chráněném venkovním prostoru, § 12: Hygienické limity hluku v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru) se vyjadřují ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A_{LA\ eq,T}$. V denní době se stanoví pro 8 souvislých a na sebe navazujících nejhluchnějších hodin ($L_{Aeq,8h}$), v noční době pro nejhluchnější 1 hodinu ($L_{Aeq,1h}$). [2]

Limity ve venkovním prostoru je třeba dodržet v místech, která jsou stanovena § 30 zákona č. 258/2000 Sb., ve znění novely tohoto zákona:

Chráněným venkovním prostorem se rozumí nezastavěné pozemky, které jsou užívány k rekreaci, sportu, léčení a výuce, s výjimkou lesních a zemědělských pozemků a venkovních pracovišť. Chráněným venkovním prostorem staveb se rozumí prostor do 2 m okolo bytových domů, rodinných domů, staveb pro školní a předškolní výchovu a pro zdravotní a sociální účely, jakož i funkčně obdobných staveb. [2]

Pro ostatní stavby (mimo lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní) platí:

Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A ... se stanoví součtem základní hladiny akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ se rovná 50 dB a korekcí přihlížejících ke druhu chráněného prostoru a denní a noční době podle přílohy č. 3 k tomuto nařízení. [2]

9 Útlum hluku ve vzduchotechnice

Při provozu vzduchotechnických zařízení vzniká hluk, který se šíří vzduchotechnickým zařízením a konstrukcemi budov. Problematiku útlumu hluku je třeba řešit komplexně a sledovat všechny cesty, kterými se může akustická energie šířit od zdrojů k posluchači v interiéru a exteriéru. Vzduchotechnické zařízení vykazuje vlivem svých fyzikálních vlastností tzv. přirozený útlum D_p , jenž vzniká vyzařováním akustické energie jednotlivými prvky VZT systému do okolí. Přirozený útlum tvoří dílčí útlumy v potrubí, kolenech, odbočkách a rozbočkách, koncových elementech (vyústkách atd.), žaluziích, klapkách ad. Hodnoty výše uvedených složek útlumu se zjišťují zpravidla teoreticko – experimentálními metodami a jsou tabelovány či přibližně stanoveny matematicko – fyzikálními rovnicemi. V případě kratších úseků vzduchotechnických rozvodů je žádoucí nepočítat s přirozeným útlumem potrubí. Tento útlum se pohybuje v řádu jednotek Db a je závislý na geometrii a oktávovém pásmu. [11]

Mezi primární prvky útlumu patří ve vzduchotechnice tlumiče hluku. Výchozí pro jejich návrh je hodnota požadovaného útlumu. Materiály konstrukce pohlcující zvuk jsou pórovité, vláknité či houbovité s malou objemovou hmotností. Jejich účinek (neprůzvučnost) se zvyšuje různými konstrukčními úpravami materiálu s vysokým součinitelem poměrné pohltivosti. [11]

10 Možnosti ochrany proti hluku ve vzduchotechnice

10.1 Redukce hluku ve zdroji

Tato metoda spočívá buď v úplném odstranění zdroje hluku, nebo ve snižování jeho hlučnosti. Tento způsob boje s hlukem dává nejúčinnější opatření, která vyžadují především mnohem nižší finanční náklady než opatření dodatečná. Metodu redukce hluku přímo ve zdroji je možno uplatňovat při konstrukci a stavbě strojů, technologických a dopravních zařízení atd. Mohou to být například úpravy jako tlumení sání a výfuku kompresorů a spalovacích motorů, nebo i nahrazení určitého technologického úkonu jiným, méně hlučným. [2]

10.2 Metoda dispozice

Tato metoda je založena na vhodném situování hlučných strojů a zařízení, respektive celých hlučných prostorů od chráněných a méně hlučných. Je na to potřeba pamatovat především při územním plánování, projekci průmyslových závodů, letišť, dopravních tepen, a to tak, aby hlučné provozy a stroje nepříznivě neovlivňovaly akustickou pohodu ve chráněných prostorech. [2]

Uvnitř budov to znamená situovat chráněné místnosti na straně odlehlé od místností, v nichž jsou zdroje hluku, pokud nejsou dostatečně izolovány jak proti šíření hluku vzduchem, tak i konstrukcí stavby. [2]

10.3 Metoda izolace

Tato metoda spočívá ve zvukovém odizolování hlučného stroje, zařízení nebo celého hlučného prostoru od prostoru chráněného. U této metody se užívá především stavební akustika, která se zabývá výpočtem, navrhováním a stavbou zvukoizolačních příček, stropů, krytů apod. Ve strojírenství se často používá v případech, kdy již není jiných možností snížení hlučnosti přímo ve zdroji. Hlučné stroje se dávají pod zvukoizolační kryty nebo zákryty, jejichž hlavním účelem je zamezit šíření hluku do okolního prostoru. [2]

10.4 Metoda prostorové akustiky

Využívá zejména zvukové pohltivosti, což je vlastnost některých hmot a konstrukcí, jejichž úkolem je pohlcovat akustickou energii a přeměňovat ji na teplo. Této metody se užívá při snižování hlučnosti uvnitř místnosti a v určitých akusticky náročných prostorech. [2]

10.5 Metoda v používání ochranných pomůcek

Uplatňuje se teprve tehdy, jestliže předcházející uvedené metody nebylo možno z určitých důvodů použít, nebo nedosahují-li dostatečného snížení hlukové expozice člověka. V těchto případech musí pracovník používat osobní ochranné pomůcky, jako jsou různé tlumící zátky vkládané do ucha, sluchátkové chrániče a přilby. V některých případech je poslední možností, jak omezit hlukovou expozici pracovníka, zkrácení jeho pracovní doby v hlučném prostředí. [2]

Nejlepších výsledků při snižování hlučnosti dosáhneme při vhodném využití kombinace všech uvedených metod. V prvním případě je vždy třeba využívat ty metody, které při daném řešeném problému dávají nejvyšší snížení hlučnosti a přitom jsou cenově dostupné. Méně účinné způsoby snižování hluku často mohou být vypuštěny z navrhovaných opatření, umožňují-li pouze řádově nižší útlumy hluku. Při plánování a použití technických nebo jiných opatření proti hluku se objevuje i otázka jejich nákladnosti a ekonomického hodnocení. U projektů, kde byla opomenuta hluková otázka, se náklady na dodatečná akustická opatření prudce zvyšují a značně překračují částku, která by byla potřebná pro běžný projekt. [2]

11 Tlumiče hluku:

Tvoří základní prvek útlumu ve vzduchotechnice. Tlumiče jsou v podstatě části rovného potrubí vyložené hlukově pohltivým materiálem, nejčastěji minerální vlnou. Povrch pohltivé hmoty bývá upraven děrovaným plechem, netkanou textilií nebo plastovou folií (pro hygienické provedení), případně kombinacemi uvedeného. Funkční vlastnost tlumiče se vyjadřuje jako vložený útlum, což je snížení hluku tlumičem, vyjádřené rozdílem hladin akustického výkonu v třetinooktávních pásmech (od 63 Hz do 8 kHz). Běžně vyráběné tlumiče jsou vhodné do rychlosti

proudění vzduchu 20 m/s. Vzhledem k tomu, že tlumič hluku tvoří překážku proudění, je sám zdrojem hluku a tato vlastnost se definuje jako vlastní akustický výkon tlumiče. Hluk roste s rychlostí proudění vzduchu. Ze zkušeností z technické praxe je však žádoucí, aby výsledná rychlost dopravovaného vzduchu zúženým průřezem tlumiče hluku nepřesáhla rychlost 5 m/s, optimální rychlost v tlumiči hluku (3 až 4 m/s). Zvětšení útlumu se dosáhne sestavou několika tlumičů, sestavy delší než 4 m však ztrácí smysl, protože hluk se v tomto případě nese vzduchem. V tomto případě je vhodnější tlumič rozdělit na 2 až 3 kratší celky, mezi nimiž jsou vloženy obloukové kusy. Tvarovky, zejména větších rozměrů, mají lepší útlum hluku (hlavně odrazem) než rovné potrubí a tvarově pestrá potrubní síť má tedy lepší akustické vlastnosti než rovné, málo větvené trasy. [11]

Tlumiče hluku pro vzduchotechniku naleznou uplatnění všude tam, kde je provozní látkou vzduch běžných venkovních parametrů. Tlumiče se standardně vyrábějí z pozinkovaného plechu. Je také možné tlumiče vyrobit ve vodě odolném, tzv. hygienickém provedení nebo nerez. [15]

Tlumiče hluku se vyrábějí ve standardních rozměrových řadách a instalují se do potrubí nebo stavebně připravených kanálů a jsou určeny pro tlumení hluku strojních zařízení. A to zejména ventilátorů, vzduchotechnických jednotek, ventilačních traktů, kompresoroven, kotelen, trafostanic. [15]

Tlumiče hluku jsou zařízení, která umožňují průchod vzduchu, ale zároveň omezují výskyt hluku, který vzniká z distribuce vzduchu zařízením. Rozdělují proudění vzduchu do několika průchodů, z nichž každý je obložen minerální vlnou nebo jiným akusticky pohltivým materiálem. Tlumič hluku je obecně k dispozici pro kruhové nebo pravoúhlé potrubí. [15]

Je obecně definován vloženou ztrátou v decibelech v každém oktávovém pásmu. Dalším důležitým parametrem u tlumičů hluku je odpor vůči proudu vzduchu. Použití tlumiče nevyhnutelně zvyšuje zatížení ventilátoru. [15]

11.1 Buňkové tlumiče:

Kostra tlumiče je vyrobena z pozinkovaného plechu. Vložená absorpční výplň je z nehořlavého, zvukově pohltivého materiálu, oddělená od proudícího vzduchu netkanou kaširovanou textilií. Náběh a výběh tlumiče je standardně zkosený, tupý

nebo je kombinací zmíněných variant. Dále je možné tlumič vyrobit z nerez, černého plechu, i vnější strany tlumiče. [14]

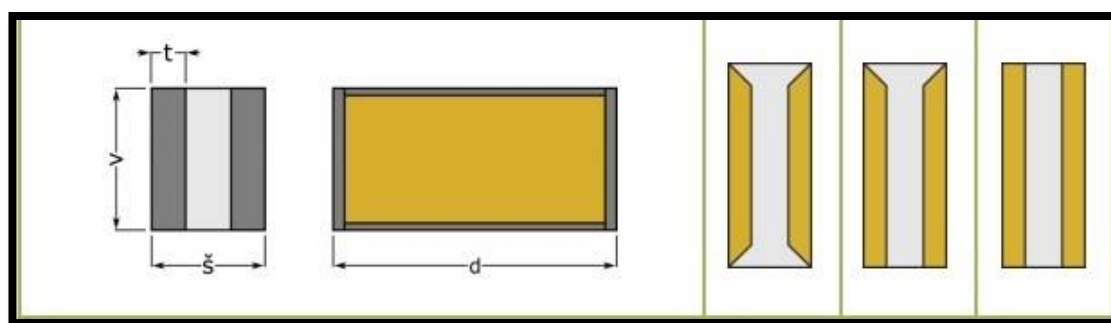
11.1.1 Buňkové tlumiče hluku GE (kaširované provedení)

Buňkové tlumiče řady GE jsou určeny pro instalaci do potrubí nebo stavebně připravených kanálů, pro tlumení hluku ventilátorů, vzduchotechnických jednotek, strojních zařízení apod. (**Obr. 18**). [14]

11.1.2 Buňkové tlumiče hluku G (s děrovaným plechem)

Zvýšená ochrana absorpčních částí děrovaným plechem umožňuje tlumičům velmi široké použití. Především jsou určeny pro instalaci do potrubí nebo stavebně připravených kanálů, pro tlumení hluku ventilátorů, vzduchotechnických jednotek apod. Z důvodů dlouhé životnosti (až 30 let) je vhodné jejich použití v místech s obtížným přístupem. Odolávají běžným abrazivním příměsím ve venkovním vzduchu a nevyžadují předfiltraci média. [14]

Výhody buňkových tlumičů oproti kulisovým jsou především v jednoduché instalaci do potrubí a ve větším útlumu hluku daným konstrukcí tlumiče (výplň dvou sousedících buněk se akusticky sčítá v jednu silnější, jejíž útlum je na nižších frekvencích příznivější). I při velkých průřezech tlumiče lze použít nevyztužená, jednodušší tělesa. Ve většině případů není potřebná dodatečná izolace pláště (jiné přerozdělení akustické výplně)[14]



Obrázek 18 - Konstrukční provedení buňkového tlumiče[8]

11.2 Kulisové tlumiče

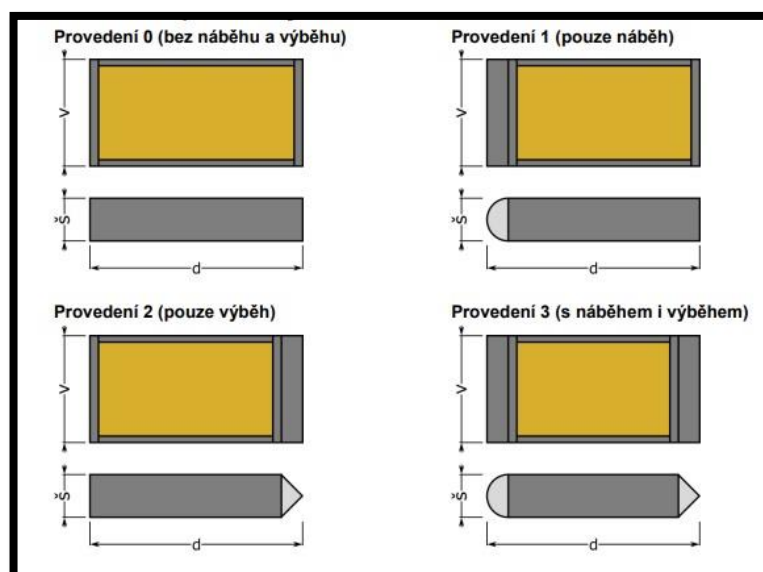
11.2.1 Kulisové tlumiče hluku GKK (kaširované provedení) / GKD (s děrovaným plechem)

Kulisové tlumiče hluku řady GKK jsou určeny pro instalaci do potrubí nebo stavebně připravených kanálů, pro tlumení hluku ventilátorů a vzduchotechnických jednotek. (Obr. 19) [14]

Kostra tlumiče je vyrobena z pozinkovaného plechu. Vložená absorpční výplň je z nehořlavého zvukově pohltivého materiálu, oboustranně krytá kaširovanou textilií. U kulis delších než 1000mm a vyšších než 500mm je izolace stabilizována vzpěrou. Na tlumiči nejsou žádné sváry, pouze nýtované spoje. Náběh a výběh tlumiče je standardně tupý, půlkulatý, úkosový nebo kombinace zmíněných variant. Tlumič je možné vyrobit z nerezů nebo černého plechu. [14]

Hlavní předností kulisových tlumičů je jednoduchá konstrukce, kterou lze rozměrově uzpůsobit dle požadavků. S tím souvisí i poměrně krátké dodací lhůty, a to i u tlumičů atypických rozměrů. [14]

Vzhledem k tomu, že útlum hluku je odvislý od způsobu uspořádání kulis v potrubí, je možné nastavit široké množství variant útlumů hluku a tlakových ztrát. Kulisy jsou ploché díly a díky tomu je jejich doprava na větší vzdálenosti efektivnější než například u buňkových tlumičů. [14]



Obrázek 19 - Konstrukční provedení kulisových tlumičů[8]

11.3 Kruhové tlumiče

11.3.1 Kruhové tlumiče GD (s děrovaným plechem)

Kruhové tlumiče hluku řady GD jsou určeny pro instalaci do vzduchotechnického potrubí, pro tlumení hluku ventilátorů a vzduchotechnických jednotek. Z důvodů dlouhé životnosti (až 30 let) je vhodné jejich použití v místech s obtížným přístupem. Odolávají běžným nečistotám ve venkovním vzduchu a nevyžadují předfiltraci. **(Obr. 20) (Obr. 21)**[14]

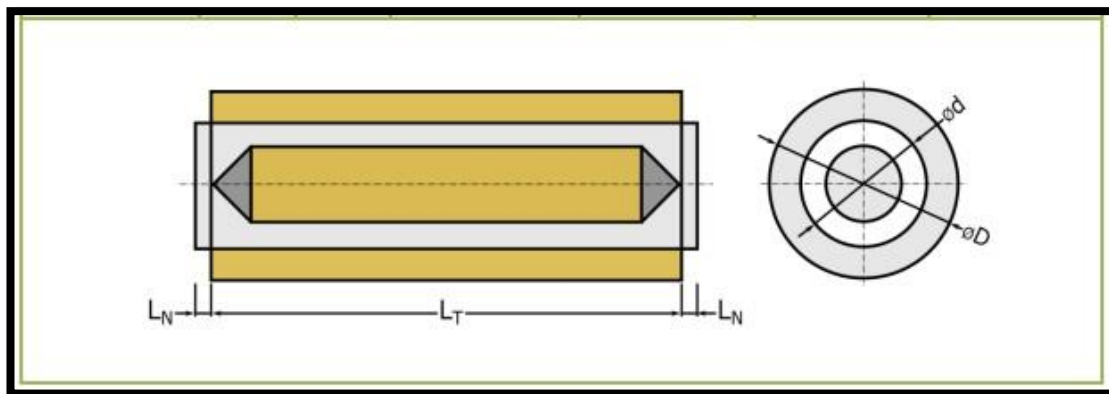
Kostra tlumiče je vyrobena z pozinkovaného plechu. Vložená absorpční výplň je z nehořlavého, zvukově pohltivého materiálu, oddělená od proudícího vzduchu pozinkovaným děrovaným plechem a netkanou kaširovanou textilií. [14]

Tlumiče jsou standardně opatřeny nátrubkem pro připojení na spiro potrubí, dále je možné tlumiče opatřit připojovací přírubou, nebo vyrobit v zesíleném provedení pro průmysl, z nerez, černého plechu nebo v rozměrově atypickém provedení. [14]

Hlavní předností je jednoduchá instalace do potrubí pomocí nátrubku nebo příruby. Útlum hluku je daný konstrukčním typem tlumiče. Díky kruhovému průřeznému profilu je možné tlumiče osadit přímo na výtlaky axiálních ventilátorů (rychlostní profil na výtlaku ventilátoru kopíruje šroubovici). Akusticky funkční plocha je skrytá uvnitř tlumiče, což omezuje poškození při dopravě a manipulaci. [14]



Obrázek 20 - Konstrukční provedení kruhového tlumiče bez jádra[8]



Obrázek 21 - Konstruktivní provedení kruhového tlumiče s jádrem[8]

11.4 Akustické kryty:

11.4.1 Kryty (bez podlahy)

Akustické kryty GREIF Gak jsou určeny pro všesměrové tlumení hluku šířeného z provozu venkovních zařízení. Jsou nabízeny ve standardním nebo ekonomickém provedení, pro jednu nebo dvě ventilátorové jednotky a také zvlášť pro jednotky o větším výkonu osazené vertikálním výdechem. Útlum hluku krytů firma garantuje od 10 do 15 dB (dle frekvenčního spektra jednotek), na vyžádání s útlumem až 25 dB. [14]

11.4.2 Kontejnery (s podlahou)

Mobilní, zatlumené akustické kontejnery s nosnou zvukoizolační podlahou a tlumenou ventilací pro instalaci zařízení. Dle požadavku lze navrhnout akustické kontejnery s integrovaným systémem obvodu vzduchu a spalin se širokou škálou zvukoizolačních vlastností (**Obr. 22**). [14]



Obrázek 22 - Akustický kontejner s podlahou[8]

11.5 Akustické zástěny

Akustické zástěny zajišťují stínění hluku pro většinu aplikací technického zařízení budov. Akustický panel zajišťuje vzduchovou neprozvučnost zástěny a jeho absorpční vložka pohlcuje dopadající hluk od zdroje. [14]

Lze je rozdělit na zástěny typu **GZL** které zajišťují stínění hluku pro většinu aplikací technického zařízení budov, zástěny typu **GZT**, které jsou určeny do venkovních prostorů pro velkoplošné stínění hluku z provozu nejrůznějších zařízení, a na mobilní akustické zástěny typu **GZM**, které jsou pro venkovní i vnitřní použití a zajišťují odstínění nejrůznějších lokálních zdrojů hluku. Všechny tyto typy zástěn zajišťují hlukovou neprozvučnost okolo 31dB. [14]

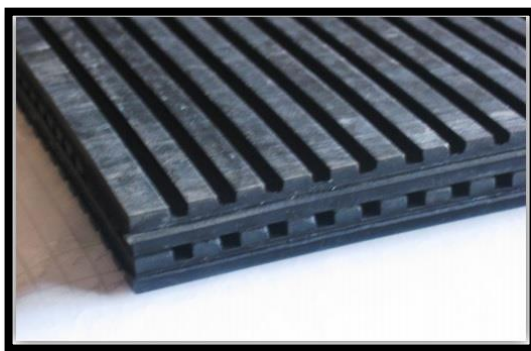
11.6 Akustické materiály

Jedná se o materiály pro tlumení chvění a vibrací a zvýšení vzduchové neprozvučnosti. [14]

11.6.1 Rýhovaná guma

Je vyráběna z gumy STN 62 2225. Materiál je určen pro pružné ukládání strojů a zařízení, snižuje přenos vibrací přenášených do konstrukcí a omezuje tak sekundárně vyzářený hluk do okolí. Jednotlivé rýhované gummy lze vrstvit na sebe a snižovat tak jejich tuhost (**Obr. 23**). [14]

Nejvíce jsou využívány pro pružné uložení vzduchotechnických jednotek, vzduchotechnických potrubí, pro pružné uložení strojních zařízení a také jako dilatační podložky. [14]



Obrázek 23 - Rýhovaná guma[8]

11.6.2 Belar

Je to elastická kompozitní hmota zhotovená z pryžového granulátu pojeného polybutadien – polyuretanovým pojivem. Belar se vyznačuje výbornou schopností snížit přenos vibrací mezi zdrojem a okolní připojenou konstrukcí. Vyrábí se ve formě desek (**Obr. 24**). [14]

Používá se např. pro pružné uložení základů pro dieselařegáty, ventilátory, chladicí jednotky apod. [14]



Obrázek 24 - Belar[8]

12 Cíl práce

Cílem této praktické části diplomové práce je v její první části popis a charakteristika vybraného objektu, konkrétně posklizňové linky Pluhův Žďár. V další části je cílem změření hlukového zatížení generovaného posklizňovou linkou a následné navržení protihlukových opatření pro splnění podlimitních hladin hluku při provozu linky za denního i nočního provozu. Tato opatření se vztahují k nejbližším místům, které jsou určeny jako chráněný venkovní prostor (bytové zástavby a zahrady) a jsou ve vzdálenosti minimálně 100m od posklizňové linky. Dalším cílem těchto úprav je i zlepšení hlukového zatížení pro zaměstnance a blízké okolí posklizňové linky.

13 Charakteristika posklizňové linky Pluhův Žďár:

Tato posklizňová linka se nachází v okrese Jindřichův Hradec v Jihočeském kraji. Jedná se o novou posklizňovou linku, která nahradila starou posklizňovou linku. Je to samostatná jednotka, která slouží ke skladování obilovin a jiných pěstovaných surovin. (Obr.25)

Předchozí stará linka přestala splňovat hlavně kapacitní a technologické požadavky rozrůstajícího se družstva. Linka je umístěna v areálu stávající zemědělské farmy a jedná se o novostavbu na pozemcích družstva Pluhův Žďár. Posklizňová linka se skladem tvoří jeden funkční soubor sloužící pro příjem, čištění, uskladnění a expedici obilovin.



Obrázek 25 - Pohled na posklizňovou linku Pluhův Žďár.

13.1 Princip fungování posklizňové linky:

Příjem volně ložených plodin z nákladního automobilu probíhá na přejezdovém koši, odtud je surovina dopravována technologickými cestami do předčističky a čističky a následně do sušárny, kde se dále zpracovává. V dalším kroku je dopravena do skladovacích sil, která jsou součástí linky. [5]

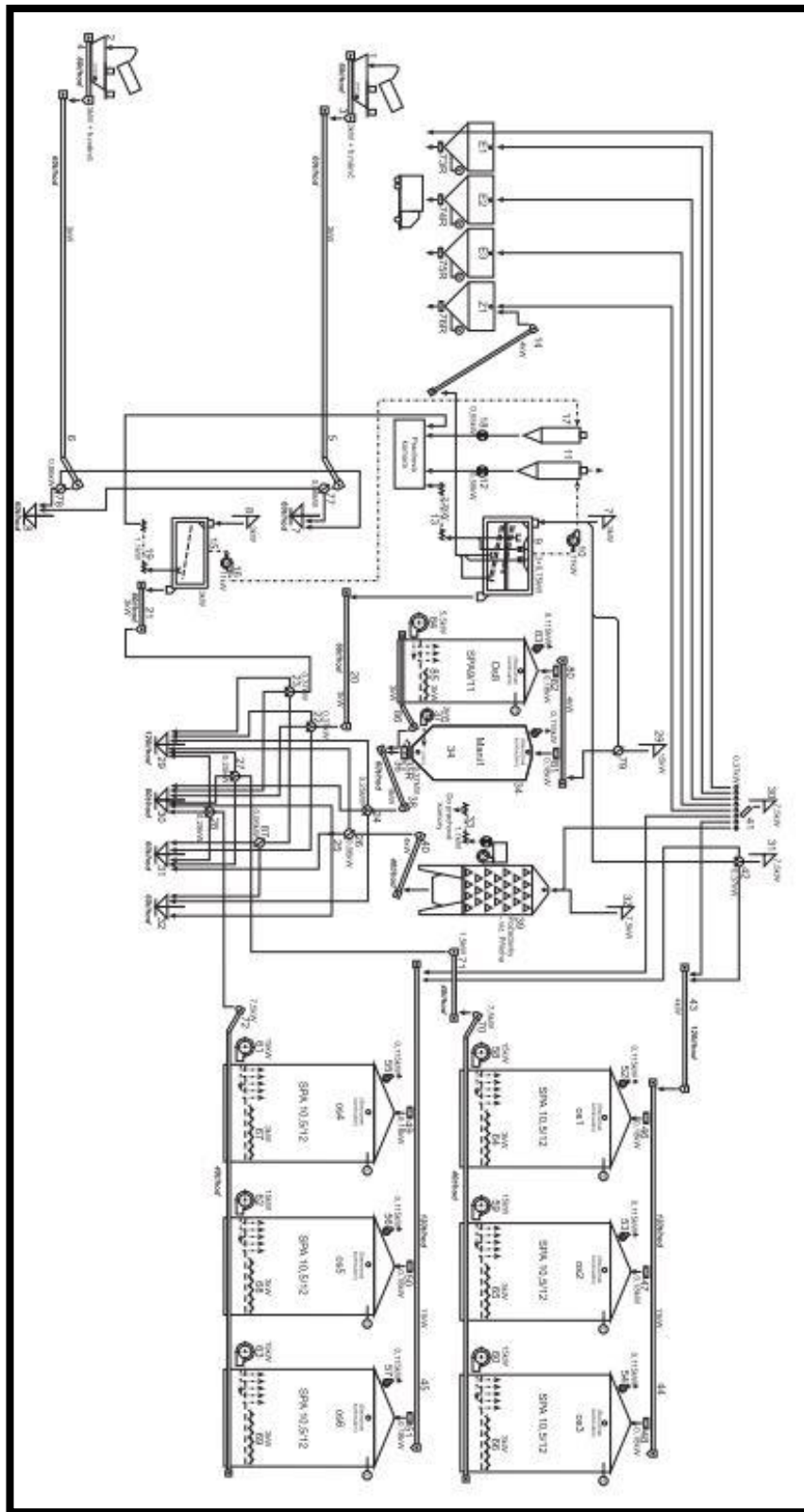
13.2 Základní technické údaje o posklizňové lince

Posklizňová linka obsahuje dva příjmové koše obilovin z povozů s výkonem 2 x 60 t/hod, dále dvě čistící linky s výkonem do 60 t/hod a 200 t/hod obilovin. Sušárnu pro sušení pšenice/řepky s výkonem 25/20,1 t/hod a 6 velkokapacitních sil o kapacitě 6 x 1295 m³. Linka je technologicky propojena s expedičními zásobníky. Linka zahrnuje dvojici nových příjmových košů určených pro příjem obilovin a řepky z nákladního automobilu s bočním i zadním sklápěním. Příjem je zastřešen ocelovým přístřeškem s opláštěnými stěnami. S navazující technologií je příjem propojen pomocí dopravní technologie. Na toto propojení navazuje elevátorová věž pro čtyři manipulační elevátory, které zabezpečují vertikální dopravu. Elevátorová věž tvoří typovou ocelovou konstrukci, která je dodávkou výrobce technologie. Hlavní technologická věž je vybavena obslužnými podestami pro obsluhu elevátorů, kotvení a údržbu technologie uložené v konstrukci. Přístup na podesty je soustavou žebříků vybavených ochrannými koši. Elevátorová věž je situována v ose severněji umístěné trojice velkokapacitních sil. Na jedné straně od věže je situována sesypná sušárna obilovin propan-butan. Tato sušárna je kotvena na základové desce a nebude kryta žádným přístřeškem. Sušárna je vybavena hořákem bez výměníku tepla (přímý ohřev). Vlastní sušárna je vyrobena z plechů tvrzeného hliníku. Sušárna je kompletně izolována a opláštěna pozinkovaným lakovaným plechem. [5]

Na východní straně od elevátorové věže budou instalovány čističky obilovin. Tato technologie je uložena na ocelové konstrukci. Konstrukce bude vybavena obslužnou plošinou. Přístupná je po schodech. **(Tab.2), (Tab.3), (Tab.4)** [5]

Posklizňová linka je vybavena šesti silami z pozinkovaného plechu (350g/m²) s plochým dnem. Sila jsou vybavena oběhovými vyprazdňovacími šneky. Jsou vybavena aktivním větráním a měřením teplot. Sila jsou kotvena k betonové armované základové desce. **(Obr.26)** [5]

13.3 Technologické schéma posklizňové linky:



Obrázek 26 - Schéma posklizňové linky[1]

Zdroj : www.agroing.cz

13.4 Soupis technologie

Tabulka 2 - Soupis technologie[1]

Stavba: Posklizňová linka Pluhův Ždár							
Strana: 1							
P.Č.	Poz.	Název - označení	Dodávka	Ks	El. pohony		Poznámka Č.v.
					ks	kW	
1.	1, 2	příjmový koš celopřejezdny 3 x 8m - viz. stavební část	Agroing	2	2	0,00	
2.	3, 4	vyprazdňovací redler Skandia, 60 t/hod, lv = 8m, lc = 10,5m	Agroing	2	2	3,00	Koncový spínač
3.	5, 6	redler Skandia s lukem, 60 t/hod, lr = 7m, lš = 3m, úhel 45°	Agroing	2	2	3,00	Koncový spínač
4.	7, 8	korečkový elevátor Skandia, h = 10,3m, 60 t/h, pozink	Agroing	2	2	3,00	Koncový spínač
5.	9	čistička Schmidt-Seeger TAS 152A-2, výkon 60 t/h	Agroing	1	1	3,75	
6.	-	výpad produktu - 1.jakost (811043)	Agroing	1	1	0,00	
7.	-	výpad produktu - 2.jakost (811026)	Agroing	1	1	0,00	
8.	-	hrdlo na připojení aspirace (811060)	Agroing	1	1	0,00	
9.	10	ventilátor čističky včetně kompenzátorů chvění	Agroing	1	1	11,00	
10.	11	cyklon, VZT potrubí	Agroing	1	1	0,00	
11.	12	těsnící ústrojí	Agroing	1	1	0,55	
12.	13	žlabový šnekový dopravník DŠK 200, l = 12m	Agroing	1	1	2,20	
13.	14	redler na zužitkovatelné odpady, l = 13m	Agroing	1	1	4,00	Koncový spínač
14.	15	předčistička SMA 202	Agroing	1	1	2,20	
15.	-	výpad odpady	Agroing	1	1	0,00	
16.	-	vpád do stroje	Agroing	1	1	0,00	
17.	-	nápojení aspirace	Agroing	1	1	0,00	
18.	-	výpad vyčištěného produktu	Agroing	1	1	0,00	
19.	16	ventilátor čističky včetně kompenzátorů chvění	Agroing	1	1	11,00	
20.	17	cyklon 180, VZT potrubí	Agroing	1	1	0,00	

Zdroj: www.agroing.cz

Tabulka 3 - Soupis technologie[1]

Stavba Posklizňová linka Pluhův Ždár							
Strana: 2							
P.Č.	Poz.	Název - označení	Dodávka	Ks	El. pohony		Poznámka Č.v.
					ks	kW	
21.	18	těsnící ústrojí	Agroing	1	1	0,55	
22.	19	žlabový šnekový dopravník DŠK 200, l = 7m	Agroing	1	1	1,10	
23.	20, 21	redler Skandia, l = 4m, 60t/hod	Agroing	2	2	3,00	Koncový spínač
24.	22, 23	rozdělovací prvek regulační - trojcestný - pr.200mm	Agroing	2	2	0,37	Koncový spínač
25.	24	rozdělovací prvek regulační - dvojcestný - pr.200mm	Agroing	1	1	0,06	Koncový spínač
26.	25	rozdělovací prvek regulační - trojcestný - pr.160mm	Agroing	1	1	0,25	Koncový spínač
27.	26	rozdělovací prvek regulační - dvojcestný - pr.160mm	Agroing	1	1	0,06	Koncový spínač
28.	27, 28	rozdělovací prvek regulační - trojcestný - pr.160mm	Agroing	2	2	0,25	Koncový spínač
29.	29	korečkový elevátor Skandia, h = 23,6m, 120 t/h, pozink	Agroing	1	1	15,00	Snímač otáček
30.	30, 31	korečkový elevátor Skandia, h = 26m, 60 t/h, pozink	Agroing	2	2	7,50	Snímač otáček
31.	32	korečkový elevátor Skandia, h = 23m, 60 t/h, pozink	Agroing	1	1	7,50	Snímač otáček
32.	33	žlabový šnekový dopravník DŠK 160, l = 4m	Agroing	1	1	1,10	
33.	34 (Ak1)	manipulační zásobník SLA 7,5/7 (kapacita 344 tun)	Agroing	1	1	0,00	Silopilot
34.	35R	ruční hradítko	Agroing	1	1	0,00	
35.	36	dálkově ovládaný výpad	Agroing	1	1	0,37	Koncový spínač
36.	37	provzdušňovací ventilátor akumulčního sila LC3, 3kW	Agroing	1	1	3,00	
37.	38	redler Skandia, l = 9m, 60 t/hod, úhel sklonu 30°	Agroing	1	1	4,00	Koncový spínač
38.	39	kontinuální sušárna Schmidt-Seeger STKX6-7/2 UL s přímým ohřevem	Agroing	1	1	45,50	
39.	-	hořák sušárny propan-butan - v rámci sušárny	Agroing	1	1	0,00	
40.	40	vyskladňovací redler sušárny s lukem, lš = 4m, úhel 45°	Agroing	1	1	4,00	Koncový spínač
41.	41	kruhový rozdělovač SKANDIA, pr. 200mm	Agroing	1	1	0,37	

Zdroj: www.agroing.cz

Tabulka 4 - Soupis technologie[1]

Stavba Posklizňová linka Pluhův Žďár							
Strana: 3							
P.Č.	Poz.	Název - označení	Dodávka	Ks	El. pohony		Poznámka Č.v.
					ks	KW	
42.	42	rozdělovací prvek regulační - trojcestný - pr.200mm	Agroing	1	1	0,37	Koncový spínač
43.	43	redler Skandia, l = 12m, 120t/hod	Agroing	1	1	4,00	Koncový spínač
44.	44, 45	redler Skandia, l = 33m, 120 t/hod, pozink - úprava proti přenášení	Agroing	2	2	11,00	Koncový spínač
45.	46 - 51	dálkově ovládaný výpad se stíracím kartáčem	Agroing	6	6	0,18	Koncový spínač
46.	Os1 - Os6	silos SPA 10,5/12	Agroing	6	6	0,00	Silopilot
47.	-	boční vstup ve stěně sila - v ceně sila	Agroing	6	6	0,00	
48.	-	celoperforovaná podlaha, výduchy na sílech - v ceně sila	Agroing	6	6	0,00	
49.	-	bločky	Agroing	6	6	0,00	
50.	-	přístupové žebříky na sílech	Agroing	1	1	0,00	
51.	52 - 57	protikondenzační ventilátor	Agroing	6	6	0,12	
52.	58 - 63	provzdušňovací ventilátor 1 x 15kW RL 500r/2	Agroing	6	6	15,00	
53.	64 - 69	oběžný šnekový dopravník, DENIS30 typ D-PM	Agroing	6	6	3,00	
54.	70	vyprazdňovací redler sil s lukem, 40 t/hod, lr = 35m, lš = 0,6m, úhel 45°	Agroing	1	1	7,50	Koncový spínač
55.	71	redler Skandia, l = 12m, 40t/hod	Agroing	1	1	1,50	Koncový spínač
56.	72	vyprazdňovací redler sil s lukem, 40 t/hod, lr = 35m, lš = 3,0m, úhel 45°	Agroing	1	1	7,50	
57.	E1 - E3	expediční zásobník	Agroing	3	3	0,00	Stavoznak maxima + vážení zásobníku
58.	Z1	zásobník na odpady	Agroing	1	1	0,00	Stavoznak maxima + vážení zásobníku
59.	73R - 76R	ruční hradítko - atypické	Agroing	4	4	0,00	
60.	77, 78	rozdělovací prvek regulační - dvojcestný - pr.200mm	Agroing	2	2	0,06	Koncový spínač
61.	-	armatury spádové dopravy	Agroing	sada	1	0,00	

Zdroj: www.agroing.cz

14 Charakteristika chráněného venkovního prostoru

Limity ve venkovním prostoru je třeba dodržet v místech, která jsou stanovena sbírkou 30 zákona č. 258/2000 Sb., ve znění novely tohoto zákona:

Chráněným venkovním prostorem se rozumí nezastavěné pozemky, které jsou užívány k rekreaci, sportu, léčení a výuce, s výjimkou lesních a zemědělských pozemků a venkovních pracovišť. Chráněným venkovním prostorem staveb se rozumí prostor do 2 m okolo bytových domů, rodinných domů, staveb pro školní a předškolní výchovu a pro zdravotní a sociální účely, jakož i funkčně obdobných staveb. [2]

Denní i noční limit hlukové hladiny je dle zákona 50 dB, limit pro noční dobu je 40 dB v případě bytové zástavby. Viz. Kapitola 8, Stanovení hlukových limitů ze stacionárních bodů.

15 Metodika

Pro účely zrealizování této praktické části muselo být provedeno měření hluku v blízkosti zdrojů hluku a obytné zástavby a to přímo v době sklizně a v plném provozu posklizňové linky. Linka je v provozu v době sklizně jak v denní, tak i noční době. Na základě změřených hodnot byla navržena vhodná opatření pro splnění jak denních, tak především nočních limitů hlukové zátěže.

15.1 Seznam použitých měřidel

Analyzátor hluku

Výrobce Briel&Kjaer 2270

15.2 Pomocná měřidla

Laserový metr Stanley TruLaser TLM 130

Pásmový metr Stanley

Měřicí kolečko Bosch

15.3 Charakteristika prostoru a měřených podmínek

Měření probíhalo ve venkovním prostoru a v blízkosti posklizňové linky. Byla měřena technologie jedné posklizňové linky.

15.4 Zkušební podmínky

Při vlastním měření hluku i měření zbytkového hluku (hluku pozadí) byly vyloučeny všechny ostatní rušivé zdroje (doprava po blízkých komunikacích, štěkot psů, letecká doprava ..)

15.5 Klimatické podmínky v průběhu měření

2.10.2017

Teplota vzduchu $t = (15\text{C})$

Vlhkost vzduchu $S = 51\%$

Rychlost větru $v = 3,5 \text{ m.s}$

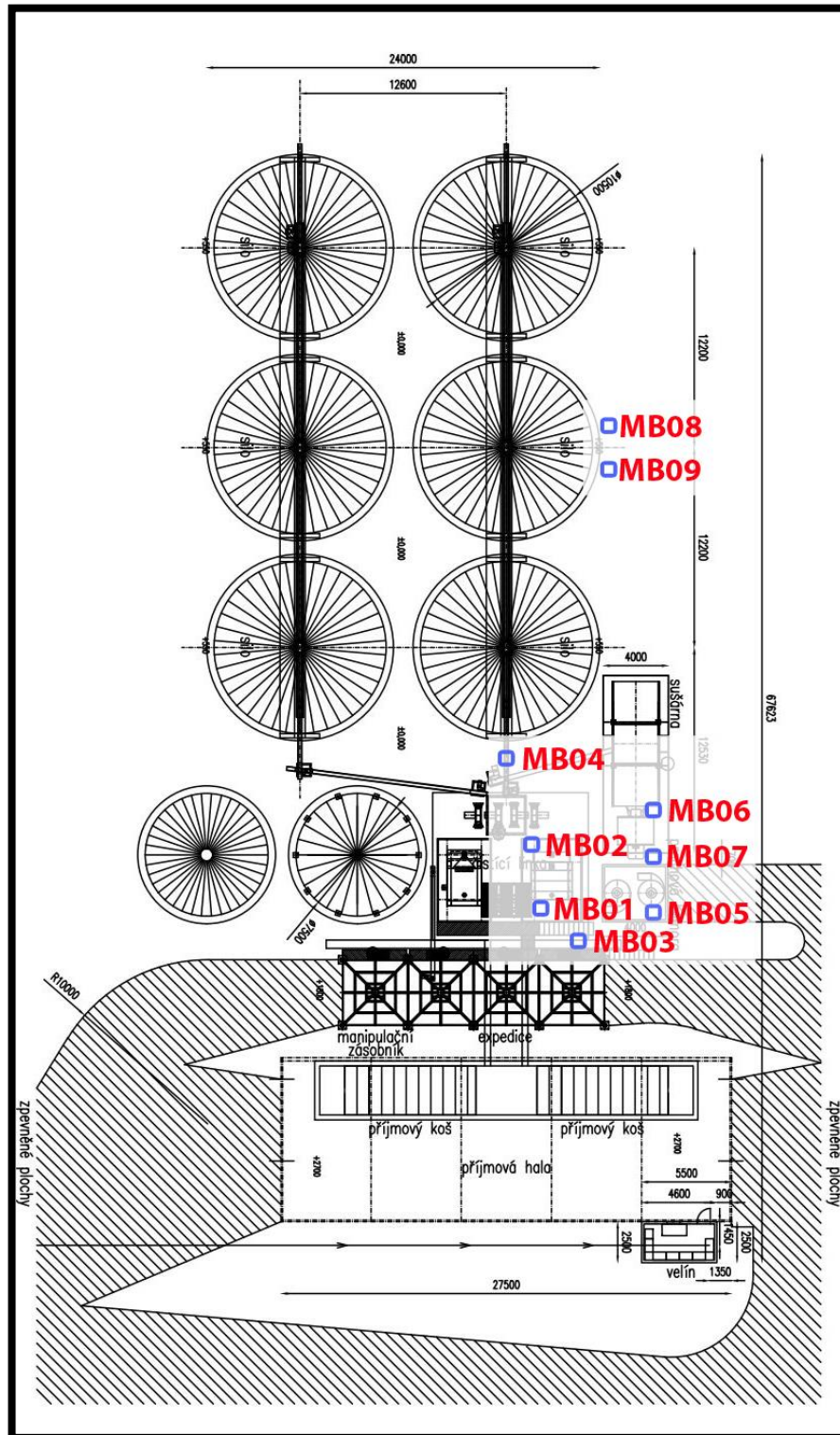
Oblačnost: polojasno

15.6 Povaha hluku

Povahou je hluk konstantní nebo proměnný nepřerušovaný.

16 Místa příjmu a výsledky měření

16.1 Výsledky měření uvnitř posklizňové linky



Obrázek 27 - Schéma míst příjmu uvnitř posklizňové linky

1m od čističky uvnitř krytu 01

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:31	98,3	98,8	97,8

1m od dveří uvnitř krytu čističky 02

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:28	86,9	89,5	85,5

1m od přesypu linky pod čističkou 03

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:22	87,8	88,6	86,8

1m od dopravníku střecha sila 04

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:19	70,6	75,7	67,0

1m od výdechu cyklonu 05

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:24	88,2	88,9	87,4

1m od sání velkého ventilátoru 06

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:32	100,6	101,4	87,1

1m od motoru velkého ventilátoru 07

Interval T (s)	L _{Aeq,T} (dB)	L _{qAmax} (dB)	L _{qAmin} (dB)
00:00:25	88,6	89,2	87,6

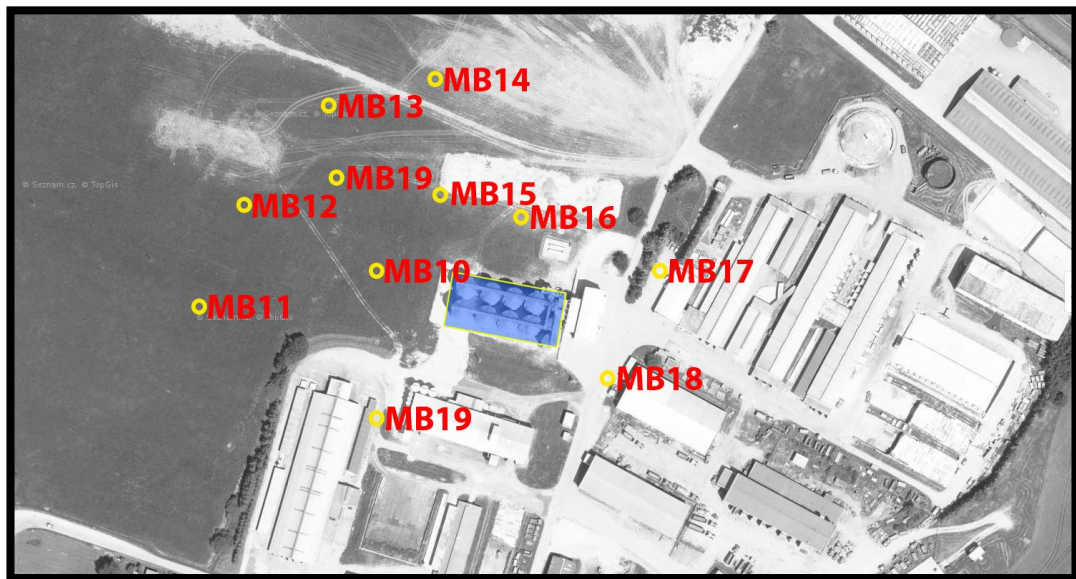
1m od sání provzdušňovacího ventilátoru 08

Interval T (s)	L _{Aeq,T} (dB)	L _{qAmax} (dB)	L _{qAmin} (dB)
00:00:29	101,8	103,2	100,2

1m od motoru provzdušňovacího ventilátoru 09

Interval T (s)	L _{Aeq,T} (dB)	L _{qAmax} (dB)	L _{qAmin} (dB)
00:00:26	84,4	85,3	84,6

16.2 Výsledky měření v blízkém okolí posklizňové linky



Obrázek 28 – Schéma umístění míst příjmu v okolí posklizňové linky

Místo příjmu - MB 10 (65m)

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:16	61,5	62,5	60,9

Místo příjmu - MB 11 (150m)

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:10	52,6	54,5	51,9

Místo příjmu - MB 12 (155m)

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:25	53,6	55,4	51,6

Místo příjmu - MB 13 (151m)

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:16	51,2	53,9	50,6

Místo příjmu - MB 14 (138m)

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:13	51,4	55,6	49,5

Místo příjmu - MB 15 (67m)

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:34	66,3	68,2	65,9

Místo příjmu - MB 16 (51m)

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:25	68,2	69,5	67,2

Místo příjmu - MB 17 (90m)

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:16	67,8	71,2	66,6

Místo příjmu - MB 18 (70m)

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:13	75,4	78,9	74,1

Místo příjmu - MB 19 (92m)

Interval T (s)	L _{Aeq} .T (dB)	L _q Amax (dB)	L _q Amin (dB)
00:00:15	57,6	60,6	55,9

Hlavní deskriptory hluku:

L_{Aeq}.T(dB) – průměrná ekvivalentní hladina akustického tlaku

L_qAmax (dB) – maximální hladina akustického tlaku

Doplňující měřené veličiny:

L_qAmin (dB) – minimální hladina akustického tlaku

17 Vyhodnocení měření hluku

Na základě výsledků měření hlukových hladin bylo zjištěno, že současná hluková zátěž je nadlimitní v denním i nočním režimu. Proto byla navržena protihluková opatření, která by měla docílit podlimitních hladin emisí hluku v nejbližších místech životního prostředí.

17.1 Návrh protihlukových opatření

Navrhnutá opatření jsou navržena pro konkrétní hlukové zatížení řešeného zařízení.

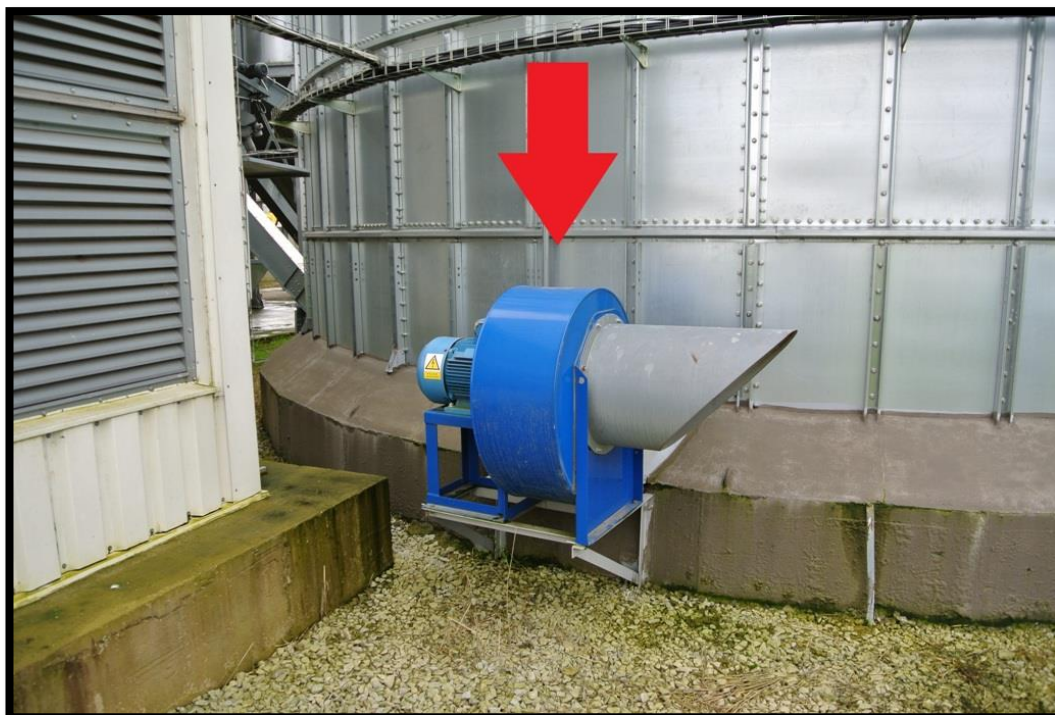
1. Provzdušňovací radiální ventilátory sil (6 ks):

Pro každý ventilátor je doporučeno instalovat zatlumený akustický kontejner s nosnou zvukoizolační podlahou a tlumenou ventilací pro instalaci zařízení. **(Obr.29)** Akustický kontejner bude vybaven integrovaným systémem odvodu vzduchu. Stěny kontejneru jsou vyplněny minerální vatou a vnitřní perforací pro odvod ztrátového tepla. Pro případ kontroly a servisu ventilátoru je akustický kryt vybaven servisními dveřmi. Minimální vzduchová neprozvučnost kontejneru je 20 dB s dalším kruhovým tlumičem hluku na sání ventilátoru, který zajišťuje útlum minimálně 25 dB. Tyto útlumy jsou garantovány z technických listů společnosti Greif, dodavatele tlumičů hluku.



Obrázek 29 - Akustický kontejner s podlahou[8]

Provzdušňovací ventilátory neběží nikdy všechny najednou, ale každý ventilátor může být, nezávisle na jiném, v provozu. **(Obr.30)** Proto je potřeba řešit protihlukové kryty u všech ventilátorů.



Obrázek 30 - Radiální provzdušňovací ventilátor.

2. Radiální odtahový ventilátor a centroadlučovač:

Na výfuk centroadlučovače (**Obr.32**) lze nainstalovat kruhový tlumič řady GD bez jádra s útlumem hluku 10 dB (**Obr.31**). Tento útlum je garantován z technických listů společnosti Greif, dodavatele tlumičů hluku. Výhodou je jednoduchá instalace přímo na výfuk z centroadlučovače. Kostra tlumiče je vyrobena z pozinkovaného plechu. Vložená absorpční výplň je z nehořlavého, zvukově pohltivého materiálu, oddělená od proudícího vzduchu pozinkovaným děrovaným plechem a netkanou kašírovanou textilií. [14] Viz.podrobné technické údaje v kapitole kruhové tlumiče hluku.



Obrázek 31 - Konstrukční provedení kruhového tlumiče bez jádra[8]



Obrázek 32 - Centroadlučovač s výfukem

Pro radiální odtahový ventilátor (**Obr.34**) je doporučeno instalovat zatlumený akustický kontejner s nosnou zvukoizolační podlahou a tlumenou ventilací pro instalaci zařízení (**Obr.33**). Akustický kontejner bude vybaven integrovaným systémem odvodu vzduchu. Stěny kontejneru jsou vyplněny minerální vatou a vnitřní

perforací pro odvod ztrátového tepla. Pro případ kontroly a servisu ventilátoru je akustický kryt vybaven servisními dveřmi. Minimální vzduchová neprůzvučnost kontejneru je 20 dB. Tento útlum je garantován z technických listů společnosti Greif, dodavatele tlumičů hluku.



Obrázek 33 - Akustický kontejner s podlahou[8]



Obrázek 34 - Radiální odtahový ventilátor

3. Čistička přijímaných obilovin (1ks):

Současnou čističku obilovin (**obr. 36**) doplnit modifikovanou lehkou konstrukcí z GZL akustických panelů:

Akustická zástěna GZL(**Obr. 35**) na nosné ocelové konstrukci zajišťuje stínění hluku pro většinu aplikací technického zařízení budov. Akustický panel zajišťuje vzduchovou neprozvučnost zástěny a jeho absorpční vložka pohlcuje dopadající hluk od zdroje (**Tab.5**)[14]

Nosná ocelová konstrukce slouží jako podpora akustického panelu. Dimenzování konstrukce je předmětem statického výpočtu. Jednotlivé díly akustické zástěny jsou konstruovány pro provoz ve vnitřním a venkovním prostoru. Kovové díly jsou pozinkovány nebo v provedení alu-zink. Absorpční materiál je odolný proti povětrnostním podmínkám. [14]

Tímto systémem lze nahradit současné polykarbonátové opláštění čističky. Minimální vzduchová neprůzvučnost panelů bude 31 dB. Tento útlum je garantován z technických listů společnosti Greif, dodavatele tlumičů hluku. Jako další úprava bude podlaha doplněna AMS foliemi a nucený přívod a odvod vzduchu potrubím bude vybaven kruhovými tlumiči hluku. Tato úprava sníží emise hluku o 20 dB. Tento útlum je garantován z technických listů společnosti Greif, dodavatele tlumičů hluku.



Obrázek 35 - Lehká zástěna GZL[8]

Tabulka 5 - Technické parametry GZL zástěny[8]

Popis:	Parametr:
Šířka panelu	Standardně 1090 mm, doměrky 250 až 1090 mm
Výška panelu	500 až 6000 mm, větší výšky je nutné nastavit
Tloušťka panelu	80 mm nebo 100 mm
Montážní mezera	40 mm (svislá mezera mezi panely)
Plošná hmotnost	Cca 35 kg/m ² (akustický panel GZL bez ocelové konstrukce)
Neprůzvučnost	$R_w (C;C_w) = 31 (-2;-7)$ dB, kategorie B3 dle ČSN EN 1793-1
Pohltivost	Kategorie A4, dle ČSN EN 1793-1, $\alpha_s = 0,6$ (pro panel 100 mm)
Akustická výplň	Minerální plst'
Pohledová strana	Trapézový plech
Vnitřní strana	Děrovaný plech (orientace ke zdroji hluku)
Montážní lišty	Součást dodávky
Spojovací materiál	Součást dodávky
Povrchová úprava	Standardně pozinkované provedení, případně Al-Zn provedení
Volitelná úprava	Lakování pohledových dílů v základních barvách dle vzorníku RAL nebo dle dohody
Volitelné příslušenství	Dveře, rolovací vrata, okna, vestavěné tlumiče hluku apod.
Životnost	Cca 25 až 30 let (podmíněno údržbou dle kapitoly 6)

Zdroj: www.greif.cz



Obrázek 36 - Čistička obilovin

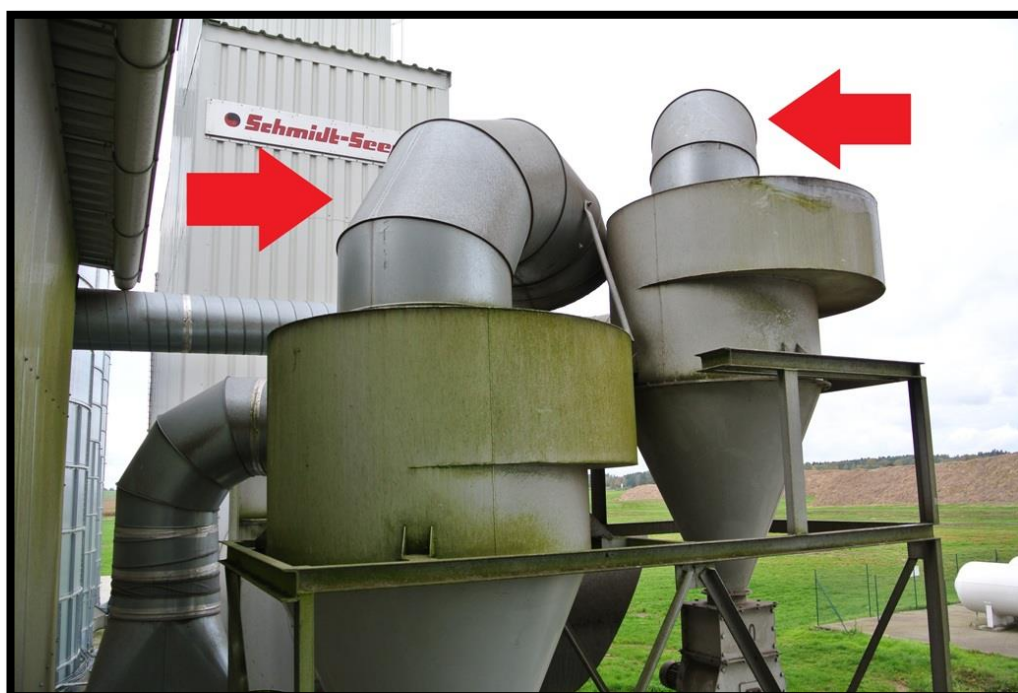
4. Vírové odlučovače prachu (cyklony) (2 ks):

Na současné vírové odlučovače prachu (cyklony) (**Obr.38**) lze nainstalovat kruhový tlumič řady GD bez jádra s útlumem až 10 dB (**Obr.37**). Výhodou je jednoduchá

instalace přímo na výfuky cyklonů. Kostra tlumiče je vyrobena z pozinkovaného plechu. Vložená absorpční výplň je z nehořlavého, zvukově pohltivého materiálu, oddělená od proudícího vzduchu pozinkovaným děrovaným plechem a netkanou kaširovanou textilií. [14] Viz. Podrobné technické údaje v kapitole Kruhové tlumiče hluku. Tento útlum je garantován z technických listů společnosti Greif, dodavatele tlumičů hluku.



Obrázek 37 - Konstrukční provedení kruhového tlumiče bez jádra[8]



Obrázek 38 - Vírové odlučovače prachu – Cyklony.

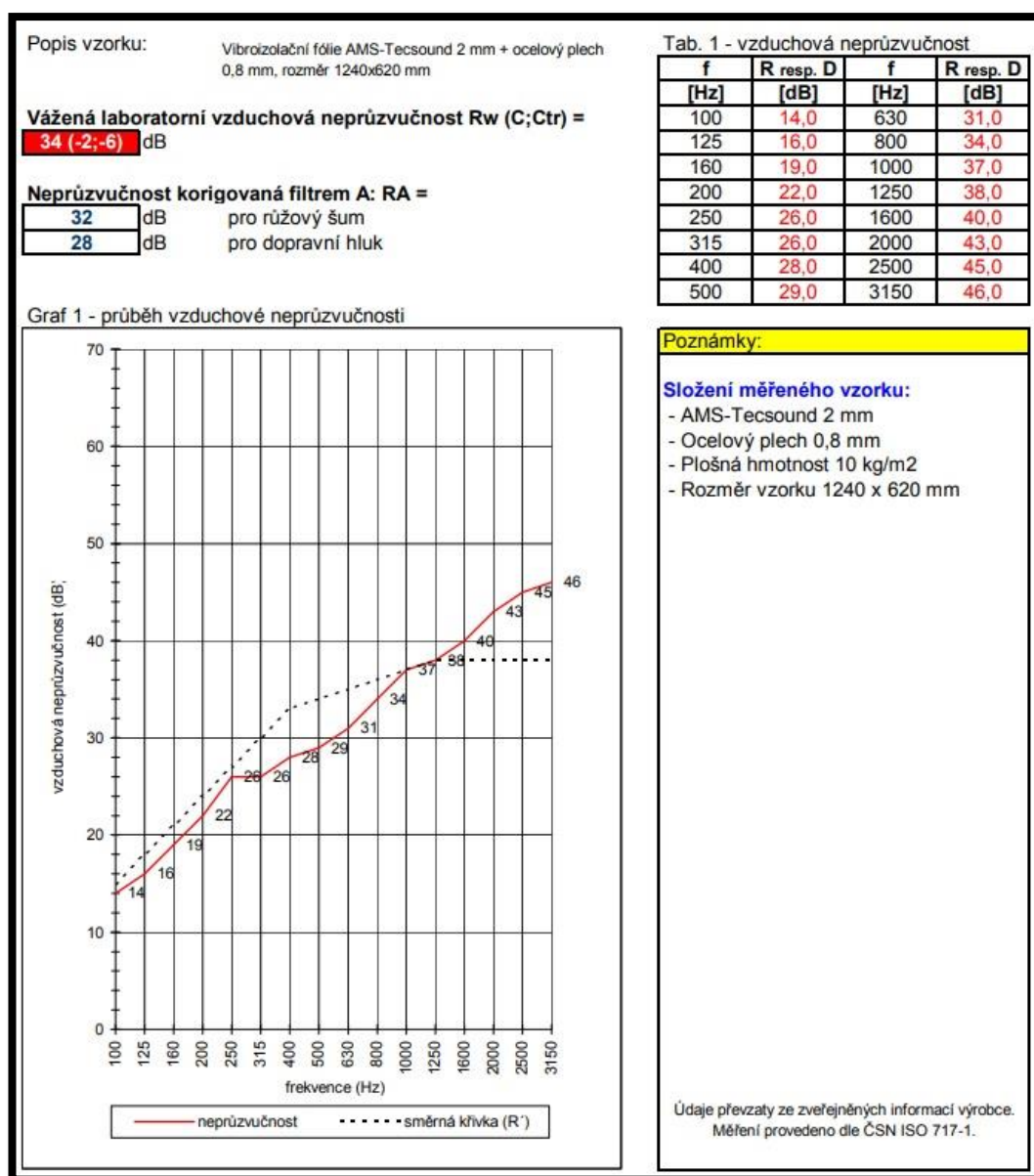
5. Dopravníky obilovin a jejich pohony:

Tyto pohony jsou umístěny na střeše sil a jsou to horizontální dopravníky. (Obr.41) Celá soustava je brána i s částmi potrubí vedoucího z dopravníků vertikálně do sil.

Jako další řešená zařízení jsou dopravníky, které vedou vertikálně po střeších sil ze strany čističek, a to včetně přesypových míst a uzlů.

Jako první protihlukovou ochranu je lze instalovat na současné pohony dopravníků (motory). Současné jsou již zakryty polokryty motorů z plechu. Do těchto polokrytů lze instalovat antivibrační folii AMS Tecsound 2mm + 0.8mm pozinkovaný plech s 20mm vrstvou minerální vlny.

AMS Tecsound je určena pro snížení vibrací a zvýšení vzduchové neprůzvučnosti a pohltivosti plochých tenkých částí, např. stěn krytů (**Obr. 39**). Skládá se z folie AMS Tecsound a ocelového plechu. [14]

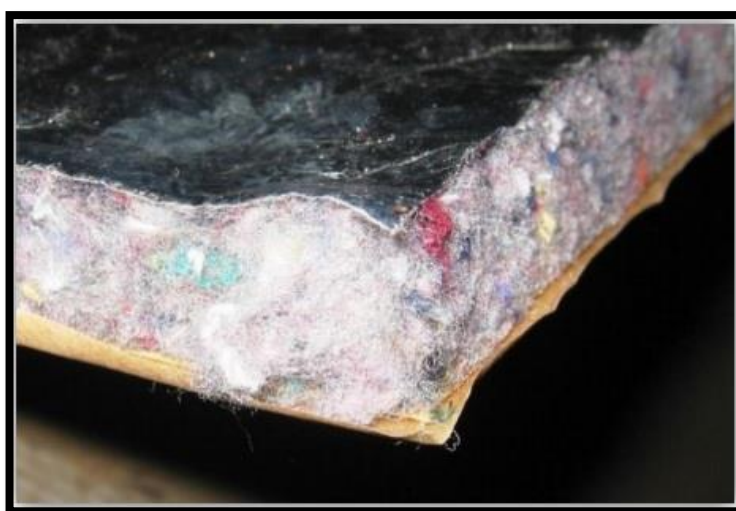


Obrázek 39 - Parametry technologie AMS Tecsound.[8]

Další úpravu lze instalovat na současné potrubí a dopravníky (**Obr.41**). Konkrétně se jedná o antivibrační folie AMS v kombinaci s AMS foliemi + Struto + Al folie. (**Tab.6**) Tato úprava je vhodná pro zvýšení vzduchové neprozvučnosti nebo tuhosti slabých materiálů, a to zejména slabých plechů.

Ams folie je syntetický polymer CPE na bázi chlorovaného polyetyleny s minerálním plnivem, aromatickými oleji a dalšími aditivy, určený pro zvýšení vzduchové neprozvučnosti nebo tuhosti tenkých materiálů, zejména slabých plechů. [14]

AMS folie + Struto + AL folie je sendvičový materiál složený ze základní AMS folie a pohltivého materiálu (Struto), zakrytého krycí hliníkovou folií. [14] (**Obr. 40**).



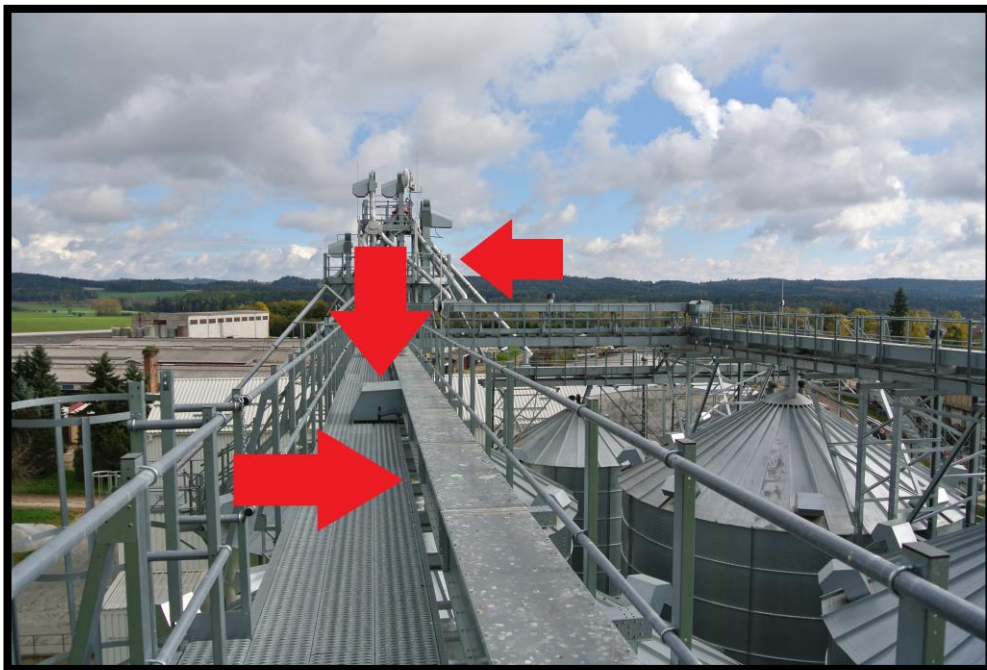
Obrázek 40 - Sendvič AMS + Struto + Al folie[8]

Tabulka 6 - Technické parametry – AMS folie/ AMS folie + Struto + Al Folie[8]

AMS fólie	Hodnota
Typ	Hladká fólie tl. 2, 3 mm,
Dodávaný rozměr	1000 x 2000 mm
Měrná hmotnost	1900 kg/m ³
Plošná hmotnost	3,5 až 7 kg/m ²
Barva	Žlutohnědá až zelenohnědá
Tažnost	Min. 300%
Pevnost v tahu / tlaku	0,3 / 0,48 MPa
Stupeň hořlavosti	C1 – dle ČSN 73 0862
Třída reakce na oheň	Bs2d0 – dle ČSN EN 13501-1
Nasákavost dle ČSN 64 0112	14 dní – 0,61, 28 dní – 0,87
Ošetření spodní strany	PES fólie (součástí AMS)
AMS+STRUTO+AL FÓLIE	Hodnota
Sendvičový materiál	AMS fólie, 20 mm Struto, 0,05 mm Al fólie
Dodávaný rozměr	20 x 1000 x 2000 mm
Měrná hmotnost	Cca 1950-2000 kg/m ³
Barva	Žlutohnědá až zelenohnědá

Zdroj: www.greif.cz

Celá tato úprava sníží emise hluku až o 12 dB. Tento útlum je garantován z technických listů společnosti Greif, dodavatele tlumičů hluku.



Obrázek 41 - Dopravníky obilovin a jejich pohony.

18 Závěr

V praktické části diplomové práce jsem popsal současný vzduchotechnický systém a další technologická zařízení u posklizňové linky Pluhův Žďár. Dále jsem měřením hluku analyzoval hlukové zatížení, které vzniká provozem posklizňové linky a navrhnul možnosti aplikování tlumičů hluku na jednotlivá zařízení.

Změřením hlukového zatížení bylo zjištěno, že současné hlukové zatížení v případě blízké bytové zástavby a blízkých zahrad bylo vyhodnoceno jako nadlimitní, jak v noční, tak denní době. Na základě výsledků měření byla navržena vhodná protihluková opatření, která povedou ke splnění podlimitních hladin hluku v případě bytové zástavby a zahrad vzdálených minimálně 100 m od posklizňové linky.

Limit hlukového zatížení v denní době pro obytné doby je stanoven na 50 dB v denní době a 40 dB v době noční. Pro zahrady je stanoven limit 50 dB pro denní i noční dobu. Denní doba je stanovena od 6 do 22 hod, doba noční je od 22 do 6hod.

Z těchto důvodů jsem navrhl vhodná protihluková opatření pro splnění již výše stanovených limitů.

Pro splnění těchto limitů jsem navrhl tato opatření:

- Akustické kontejnery pro šest radiálních provzdušňovacích ventilátorů sil a jednoho radiálního odtahového ventilátorů, který je součástí sušičky obilovin.
- Vytvořením akustické kabiny pro čističku obilovin
- Instalaci kruhových tlumičů pro dva vírové odlučovače prachu a jeden výfuk z centroodlučovače prachu u sušičky obilovin.
- Zvukovou izolaci pohonů dopravníků na střeších sil a zvukovou izolaci potrubí a dopravníků obilovin.

Po těchto zvukoizolačních úpravách na zařízeních posklizňové linky bych doporučoval další měření hlukových hladin s vyhodnocením účinku instalovaných protihlukových opatření.

Po realizovaných navržených zvukoizolačních úpravách se docílí splnění předepsaných hlukových limitů pro možnou výstavbu blízké bytové zástavby v okolí posklizňové linky. Zlepší se i pracovní prostředí jak pro zaměstnance blízkého družstva, tak i pro obsluhu posklizňové linky.

19 Seznam literatury

- [1] Tlumiče hluku. www.greif.cz, [online]. © [cit.2018-03-12] Dostupné z: http://www.greif.cz/download/2018/ITS070-01_Hluk_prumyslovych,_obchodnich_a_administrativnich_arealu.pdf
- [2] Doc. Ing. Richard Nový, CSc a Ing. Miroslav Kučera. (2009) Snižování hluku a vibračí ČVUT – Praha, 400s, ISBN 978-80-01-04347-9
- [3] J.Chyský, K.Hemzal a kolektiv. (1993) Větrání a klimatizace. Nakladatelství BOLIT – B press Brno, 490s, ISBN 80-901574-0-8
- [4] Dr. Ing. Luboš Sychra, Doporučení pro ošetřování a skladování zrna obilnin, [online]. ©[cit.2014-10-15] Dostupné z: <http://uroda.cz/doporučení-pro-oseťování-a-skladování-zrna-obilnin/>
- [5] Skladování obilovin. www.Agroing.cz, [online]. ©[cit.2018-03-01] Dostupné z: <http://www.agroing.cz/skladování-obilovin-1>.
- [6] Ing. Jan Čermák, CSc. a kolektiv, (1974) Ventilátory. Nakladatelství SNTL, 412s.
- [7] Noise Sources ,[online]. © [cit. 12.02.2018]. Dostupné z: http://www.who.int/occupational_health/publications/noise5.pdf
- [8] Prvky větracích a klimatizačních zařízení (I) – 1.část – Ventilátory. www.tzb-info.cz, [online]. ©[cit.2018-10-01] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3733-prvky-ventracich-a-klimatizacnich-zarizeni-i-1-cast>
- [9] Prvky větracích a klimatizačních zařízení (I) – 2.část. – Ventilátory. www.tzb-info.cz, [online]. © [cit.2018-11-02] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3769-prvky-ventracich-a-klimatizacnich-zarizeni-i-2-cast>
- [10] Tlumiče hluku. www.greif.cz, [online]. ©[cit.2018-02-26] Dostupné z: http://www.greif.cz/download/2018/ITS07301_Akusticky_pruvodce_projektanta.pdf
- [11] Akustika a protihluková opatření ve vzduchotechnice – Větrání. www.tzb-info.cz, [online]. © [cit.2014-10-19] Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/10319-akustika-a-protihlukova-opatreni-ve-vzduchotechnice>

[12] Work Safe Victoria, [online]. © [cit. 22.03.2018]. Dostupné z: https://www.worksafe.vic.gov.au/__data/assets/pdf_file/0020/211295/ISBN-Noise-control-fan-and-ventilation-noise-2017-06.pdf

[13] Ing. Gunter Gebauer, CSc., Ing. Olga Rubiova, PhD. (2005) TZB – Vzduchotechnika (skripta) - Brno.

[14] Tlumiče hluku. www.greif.cz, [online]. © [cit.2018-02-12] Dostupné z: <http://www.greif.cz/vyrobky/tlumice-hluku.html?detail=1>

[15] Good praktices on ventilation systém noisecontrol, [online]. © [cit.2018-03-12] Dostupné z: http://www.epd.gov.hk/epd/sites/default/files/epd/english/environmentinhk/noise/guide_ref/files/Vent_sys_E-06_0.pdf

20 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Jmenovité rozměry potrubí z ocelového plechu (mm)[5].....	34
Tabulka 2 - Soupis technologie[1]	57
Tabulka 3 - Soupis technologie[1]	57
Tabulka 4 - Soupis technologie[1]	58
Tabulka 5 - Technické parametry GZL zástěny[8]	73
Tabulka 6 - Technické parametry – AMS folie/ AMS folie + Struto + Al Folie[8] ..	76

21 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Vertikální pylon [1].....	19
Obrázek 2 - Umístění pylonů ve skladu obilovin [1].....	19
Obrázek 3 - Pro vzdušňovací jehla. [1].....	20
Obrázek 4 - Podpodlahový provzdušňovací kanál [1]	21
Obrázek 5 - Umístění ventilátorů napojených na podlahové větrání. [1]	21
Obrázek 6 - Sila s plochým dnem. [1]	22
Obrázek 7 - Sila s výsypkou. [1].....	23
Obrázek 8 - Zásobníky na obiloviny. [1]	24
Obrázek 9 - Schéma radiálního ventilátoru [2].....	27
Obrázek 10 - Schéma axiálního ventilátoru [2]	28
Obrázek 11- Schéma diagonálního ventilátoru [2]	29
Obrázek 12 - Schéma diametrálního ventilátoru [2].....	29
Obrázek 13 - Obecné charakteristiky ventilátoru [2].....	30
Obrázek 14 - Paralelní řazení ventilátorů [3].....	31
Obrázek 15 - Sériové řazení ventilátorů [3].....	31
Obrázek 16 - Schéma šíření hluku ve vzduchotechnickém zařízení [6]	40
Obrázek 17 - Šíření zvukových vln ve vnějším prostředí. [7]	41
Obrázek 18 - Konstrukční provedení buňkového tlumiče[8].....	47
Obrázek 19 - Konstrukční provedení kulisových tlumičů[8].....	48
Obrázek 20 - Konstrukční provedení kruhového tlumiče bez jádra[8].....	49
Obrázek 21 - Konstrukční provedení kruhového tlumiče s jádrem[8].....	50
Obrázek 22 - Akustický kontejner s podlahou[8]	50
Obrázek 23 - Rýhovaná guma[8]	51

Obrázek 24 - Belar[8].....	52
Obrázek 25 - Pohled na posklizňovou linku Pluhův Žďár.....	54
Obrázek 26 - Schéma posklizňové linky[1].....	56
Obrázek 27 - Schéma míst příjmu uvnitř posklizňové linky.....	62
Obrázek 28 – Schéma umístění míst příjmu v okolí posklizňové linky	64
Obrázek 29 - Akustický kontejner s podlahou[8]	68
Obrázek 30 - Radiální provzdušňovací ventilátor.....	69
Obrázek 31 - Konstrukční provedení kruhového tlumiče bez jádra[8].....	69
Obrázek 32 - Centrodlučovač s výfukem.....	70
Obrázek 33 - Akustický kontejner s podlahou[8]	71
Obrázek 34 - Radiální odtahový ventilátor	71
Obrázek 35 - Lehká zástěna GZL[8].....	72
Obrázek 36 - Čistička obilovin	73
Obrázek 37 - Konstrukční provedení kruhového tlumiče bez jádra[8].....	74
Obrázek 38 - Vírové odlučovače prachu – Cyklony.....	74
Obrázek 39 - Parametry technologie AMS Tecsound.[8].....	75
Obrázek 40 - Sendvič AMS + Struto + Al folie[8]	76
Obrázek 41 - Dopravníky obilovin a jejich pohony.....	77

22 Zdroje obrázků a tabulek

- [1] Skladování obilovin. www.Agroing.cz [online]. © Dostupné z: <http://www.agroing.cz/skladovani-obilovin-1>.
- [2] Prvky větracích a klimatizačních zařízení (I) – 1.část – Ventilátory. www.tzb-info.cz [online]. © [cit.2014-10-01] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3733-prvky-ventracich-a-klimatizacnich-zarizeni-i-1-cast>
- [3] Prvky větracích a klimatizačních zařízení (I) – 2.část. – Ventilátory. www.tzb-info.cz [online]. © [cit.2014-11-02] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3769-prvky-ventracich-a-klimatizacnich-zarizeni-i-2-cast>
- [4] Ing.Ladislav Púst, CSc, Ing. Mirko Lada, CSc. Pružné ukládání strojů. Nakladatelství SNTL – Praha 1965.
- [5] J.Chyský, K.Hemzal a kolektiv, Větrání a klimatizace.Nakladatelství BOLIT – B press Brno v roce 1993.
- [6] Ing. Gunter Gebauer, CSc., Ing. Olga Rubiova, PhD. (2005) TZB – Vzduchotechnika(skripta) - Brno.
- [7] Akustika a protihluková opatření ve vzduchotechnice – Větrání. www.tzb-info.cz [online]. © [cit.2014-10-19] Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/10319-akustika-a-protihlukova-opatreni-ve-vzduchotechnice>
- [8] Tlumiče hluku. www.greif.cz [online]. © [cit.2014-10-26] Dostupné z: <http://www.greif.cz/vyrobky/tlumice-hluku.html?detail=1>
- [9] Doc. Ing. Richard Nový, CSc a Ing. Miroslav Kučera. (2009) Snižování hluku a vibrací ČVUT – Praha, 400s, ISBN 978-80-01-04347-9